

Grassmann, Robert

Grassmann: Die Physik, Chemie und Krystallonomie

oder kurz das Weltleben

Selbstverl. des Verf.
Stettin
1900

Die

Physik, Chemie und Krystallonomie

oder kurz

das Weltleben.

Von

Robert Grassmann.



Min.-Nr. 7921

~~ausgegeben~~

Stettin 1900.

Druck und Verlag von R. Grassmann.

Vorwort.



Die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik soll auf streng wissenschaftlichem Wege, d. h. streng sachlich (objektiv) und allgemeingültig die Aufgaben lösen, welche schon seit Aristoteles die Köpfe der Philosophen beschäftigt haben.

Die Philosophie auf ihrem bisherigen Wege hat dies nicht zu leisten vermocht, und zwar aus dem Grunde, weil sie den Boden der Erfahrung verlassen und sich auf das Gebiet erdachter (subjektiver), und deshalb willkürlicher Lehren und Sätze begeben hat, welche der sachlichen Unterlage entbehren und daher für die Wissenschaft wertlos sind. Der menschliche Geist kann aus einer Voraussetzung nicht mehr ableiten, als in der Voraussetzung enthalten ist; tut er es dennoch, so begeht er einen Trugschluss. Die bisherigen Gebäude der Metaphysik sind grösstenteils auf Trugschlüsse erbaut worden.

Die vorliegende Lehre vom Weltleben will diese Klippe vermeiden. Sie will sich ganz auf den Boden der Erfahrung und der mathematischen Rechnung stellen.

Die Gesetze der Formenlehre oder Mathematik und die mathematischen Gesetze, welche in den Naturwissenschaften der Menschheit für alle Zeiten erworben und von allen streng wissenschaftlichen Naturforschern anerkannt sind, sie sind es allein, auf welche eine streng wissenschaftliche Lehre vom Weltleben aufgebaut werden kann. Jedes Gesetz muss sich in einer mathematischen Formel ausdrücken lassen und dadurch eine allgemeingültige, von jeder einzelnen Sprache unabhängige Form gewinnen. Auch die neuen Sätze, welche in diesem Werke zuerst aufgestellt werden, werden mathematisch abgeleitet. Der Satz der Erfahrung, von dem wir ausgehen, wird in

Formeln überfetzt, neue Formeln werden abgeleitet und diese wieder in die Sprache zurücküberfetzt.

Es ist dies der allein streng wissenschaftliche Weg, der die Gefahren eines willkürlichen Phantasienspiels vermeidet. Die Philosophen, welche ihn verlassen haben, sind dem ungezügelden Gedanken-spiele verfallen und dadurch in Irrtümer der gefährlichsten Art geraten. Ihre Arbeiten haben der Menschheit wenig Nutzen gebracht. Ist dagegen der Weg, den wir einschlagen, ein streng wissenschaftlicher, so muss jeder Satz, den wir gewinnen, eine Wahrheit sein, welche der Menschheit für alle Zeiten gewonnen ist, und welche alle streng wissenschaftlichen Forscher anerkennen müssen. Das vorliegende Werk verzichtet auf den Ruhm, ein philosophisches zu sein, sofern die Philosophie als ein willkürliches Gedankenspiel aufgefasst wird; es will und soll ein streng wissenschaftliches im Sinne der Naturwissenschaften sein. Die Rechnungen selbst für die mathematischen Formeln sollen freilich im Texte möglichst vermieden werden, um allen Lesern verständlich zu bleiben; aber dennoch wird Jeder leicht aus dem Zusammenhange erkennen, dass alle Sätze auf Erfahrung und mathematische Rechnung gegründet sind, und wo es wünschenswert erschien, die Rechnungen auszuführen, sind diese in den Anmerkungen mitgeteilt.

Aber mit der Erfahrung und den mathematischen Rechnungen allein ist die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik auch nicht zu gewinnen. Es gehört ferner dazu eine streng kritische philosophische Sichtung, welche alle einschlagenden Gedanken prüft, jedes Widerstrebende entfernt und dadurch erst einen streng wissenschaftlichen Boden schafft.

Die heutige Physik leidet in dieser Beziehung noch an mancherlei Mängeln; sie birgt noch gar manchen Widerspruch und hat es ihr deshalb nicht gelingen wollen, die Vorgänge in der Welt der einfachen Wesen zu entziffern. Es ist eine bekannte Tatsache der Physik, dass sich je zwei Körper gegenseitig anziehen. In nächster Nähe stößt aber ein Körper den anderen ab und hindert ihn, in den Raum einzudringen, den er selbst einnimmt. Die meisten Physiker legen nun demselben Körperwesen zugleich Anziehungskraft, wie Abstosungskraft zu demselben zweiten Körperwesen bei, lehren aber, dass beide Kräfte nach verschiedenen Potenzen der Entfernung abnehmen. Diese Lehre ist aber fehlerhaft.

Der Raum ist, wie dies alle Physiker zugeben und wie dies unten ausführlich und streng wissenschaftlich bewiesen wird, ein leerer,

der keinerlei Wirkung ausüben oder empfangen kann. Die Wirkung, welche eine einfache Kraft ausübt, muss also, auf den ganzen Raum bezogen, für jede Entfernung dieselbe sein; sie muss für die pflache Entfernung ebenso gros sein, wie für die einfache, da der Raum die Wirkung nicht verändern kann. Der Raum nimmt aber zu, wie das Quader der Entfernung, in der pflachen Entfernung ist er p^2 mal so gros als in der einfachen Entfernung. Auf den einzelnen Punkt oder auf einen gleich grossen Raumteil bezogen, muss also die Wirkung abnehmen, wie der Raum zunimmt, d. h. sie muss abnehmen wie das Quader der Entfernung. Dies ist ein Gesetz, welches für alle einfachen Kräfte ohne Ausnahme gelten muss. Wer eine andere Abnahme einer einfachen Kraft lehrt, der verstösst gegen die einfachsten Elemente der räumlichen Logik und muss zu ganz unwissenschaftlichen Schlüssen gelangen. Der streng wissenschaftliche Beweis wird hiefür in den Nummern dieses Buches gegeben.

Zwischen denselben zwei einfachen Wesen kann ferner nur eine einzige einfache Beziehung herrschen, das ist das zweite Gesetz der räumlichen Logik. Ziehen sich zwei Wesen an, so können sie sich nicht gleichzeitig abstossen. Soll also zwischen zwei Wesen eine doppelte Beziehung stattfinden, so muss wenigstens das eine derselben zusammengesetzt sein und haben dann die verschiedenen einfachen Wesen in dem zusammengesetzten Wesen verschiedene Beziehungen. Die Untersuchungen in diesem Buche werden zeigen, wie notwendig es ist, dass man diese Gesetze beachte, wenn man nicht in die verderblichsten Verwirrungen hineingeraten will.

Die heutige Physik erkennt an, dass die letzten Teilchen der Körper, die sogenannten Atome, eine räumliche Grösse haben und berechnet die Grösse derselben; dennoch lehrt sie, dass jene letzten Teilchen unteilbar seien, dass sie ihren Raum behaupten, alle anderen Körper aus diesem Raume ausschliessen und eine feste, unveränderliche Gestalt haben sollen. Auch diese Lehre ist gänzlich fehlerhaft. Wir werden im Laufe dieses Buches die sogenannten Atome in zahlreiche Wesen zerlegen lernen, werden sehen, wie dieselben ihre Gestalt verändern, und werden aus den Gesetzen dieser Gestaltung die Krystallgestalten der Gesteine ableiten lernen. Es wird also auch hier erforderlich sein, die Sätze der Physik kritisch zu sichten und zu berichtigen.

Das Weltleben oder die Metaphysik beginnt also mit dem streng wissenschaftlichen Denken der Mathematik oder Formenlehre,

führt den Leser in die Begriffe von Raum und Zeit, wie von Bewegung ein, erörtert die Begriffe des Wefens und der Kraft und geht dann auf die Gesetze der Physik und Chemie über.

Aber die Aufgabe der Lehre vom Weltleben ist hiemit nicht vollendet; im Gegentheile, sie beginnt nun erst. Die Lehre vom Weltleben will nämlich, von den Gesetzen der Physik ausgehend, bis zu den letzten Theilen der Welt, bis zu den letzten schlechthin einfachen Urwesen hinabsteigen, welche der Sitz sind der ebenso schlechthin einfachen Urkräfte. Sie will die Gesetze der Körper- und Etherwelt, die Gesetze der Anziehung und der Abstosung in den Massen oder Stoffen der Körper, sie will die Gesetze des Lichtes und der Wärme, der Elektricität und des Chemismus, des Galvanismus und des Magnetismus aus jenen Urkräften ableiten und erklären. Die Aufgabe, welche sich die Lehre vom Weltleben gestellt hat, ist eine schwierige, aber auch höchst lohnende; gelingt es, dieselbe zu lösen, so ist für die verschiedenen Zweige der Wissenschaft eine Grundlage und Einheit gewonnen, so sind wir der Wesenheit der Dinge um einen grossen Schritt näher getreten. Alle Arbeiten der neuern Physiker streben mehr oder weniger die Lösung dieser Aufgabe an. Die Atomenlehre der Chemiker, die Untersuchungen über specifische Wärme und Krystallgestalt, die Forschungen über das Verhältniss von lebendiger Kraft und Wärme streben alle nach demselben Ziele hin, die letzten Theile der Körper- und Etherwelt und ihre Gesetze zu ergründen.

Ist dies Ziel erreicht, so will die Lehre vom Weltleben diese einfachen Urwesen wieder zusammensetzen und daraus die Etherwelt, wie die Körperwelt wieder aufbauen. Sie baut für letztere zunächst die Körbe (Atome) der Körper auf und lehrt uns dann den Bau der Luft, der Flüssigkeit und der Gesteine kennen. Für die Gesteine wird sie dabei zur Spatlehre (Krystallonomie), deren Gesetze in der Lehre vom Weltleben wissenschaftlich begründet und abgeleitet werden. Dagegen bleibt der Bau der Gewächse, d. h. der Pflanzen und Tiere, von diesem Buche ausgeschlossen, bleibt den späteren Büchern der Lebenslehre vorbehalten.

Der Verfasser glaubt in dem vorliegenden Werke, dem Weltleben oder der Metaphysik, durch den streng wissenschaftlichen Weg, den er eingeschlagen hat, eine Reihe neuer Gesetze entdeckt und Aufgaben gelöst zu haben, welche bisher keine Lösung gefunden hatten. Er erlaubt sich, die geehrten Gelehrten auf die wichtigsten dieser Ergeb-

nisse kurz hinzuweisen und bittet sie, ihre Aufmerksamkeit darauf zu lenken.

Bisher bot die Lehre vom Ether die seltsamsten Widersprüche dar. Während die von der Sonne zur Erde kommenden Lichtwellen des Ethers auf der Erde die grössten Wirkungen hervorbringen, grosse Länder erwärmen, Winde erregen, Meere verdunsten lassen und Regen erzeugen, soll der Ether in der Ferne imponderabel oder unwägbare sein und von der Erde nicht angezogen werden. Während ferner Anziehung und Abstossung sonst bei allen Wesen abnehmen umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung, so stossen sich die Etherteilchen ab umgekehrt, wie die vierten Potenzen der Entfernung. Dem Verfasser ist es, wie er glaubt, gelungen, diese Widersprüche zu lösen, den Ether in seine letzten Teilchen, in einfache Wesen zu zerlegen und daraus alle Erscheinungen mathematisch abzuleiten. Der Verfasser giebt, wie er glaubt, einen streng wissenschaftlichen Beweis für die Richtigkeit der von ihm neu aufgestellten Sätze. Er führt demnächst diese einfachen Wesen des Ethers durch den Versuch vor und leitet daraus die Gesetze der Elektrizität ab.

Bisher war die Grösse der Atome oder Körbe und zwar sowohl das Gewicht, wie die räumliche Grösse derselben unbekannt. Dem Verfasser ist es gelungen, gestützt auf die trefflichen Arbeiten von Clausius, Maxwell und Emil Meyer, diese Grössen zu berechnen. Das Gewicht der Körbe oder Atome hat er in Quadrilliontel Grammen für alle Grundstoffe und ihre Verbindungen festgestellt, die räumliche Grösse der Korbbälle (Molecules) und ihre Bewegung im Gase hat er für mehr als 200 Flüssigkeiten und ausserdem für nahe 300 Gesteine durch Rechnung ermittelt, auch überall die Formeln angegeben, nach denen sich die Werte berichtigen, wenn die von den vorgenannten Männern ermittelten Grundwerte eine Berichtigung erfahren.

Bisher galten in der Physik und Chemie die Atome der Grundstoffe für unteilbar und unzerlegbar. Man wusste ferner, dass diese Atome sich wie alle Körperteilchen gegenseitig anziehen, dennoch fand man bei den Körpern in nächster Nähe grosse Abstossungskräfte, über deren Ursprung man sich keine Rechenschaft zu geben wusste. Die tüchtigsten Physiker, wie Cauchy u. A. hatten längst gelehrt und bewiesen, dass die einfachen Körperwesen einfache Punktwesen sein müssten ohne jede Ausdehnung im Raume, auch diese Lehre stand mit der Lehre von räumlich ausgedehnten Atomen, welche ihren Raum

gegen jedes eindringende Wefen unveränderlich behaupten, wie es schien, in Widerspruch. Der Verfasser hat es nun in dem vorliegenden Werke unternommen, diese Widersprüche zu lösen.

Der Verfasser hat zunächst die Zusammenfetzung der bis dahin für einfach gehaltenen Körbe oder Atome bewiesen und letztere in eine grose Zahl höchst verschiedener Wefen zerlegt, von denen ein Teil anziehend, ein anderer abstoßend wirkt. Er hat demnächst die anziehenden einfachen Wefen in den Atomen zur realen Anschauung gebracht; er hat ferner auch die abstoßenden Wefen aus den Atomen durch Versuche gefondert und nachgewiesen, dass durch diese Wefen die Abstosungskraft der Atome und der Körper bei unmittelbarer Berührung erzeugt wird. Der Verfasser hat demnächst aus den hiebei gewonnenen Gesetzen alle Gesetze des Galvanismus und der Wärme, des Chemismus und des Magnetismus abgeleitet, und hat dann bewiesen, dass die einfachen Wefen wahre Punktwefen sind ohne jede Ausdehnung im Raume.

Bisher war es den Physikern nicht gelungen, die Lagerung der Theilchen in der Luft, der Flüssigkeit und in den Spaten oder Krystallen der Gesteine nachzuweisen. Es herrschten zum Theile die wunderlichsten Anschauungen. Beispielsweise bilden die chemischen Verbindungen Ketten, in denen die Verbindung von Korb zu Korb linienartig fortschreitet. Die meisten Chemiker stellen sich hienach die Verbindungen als lange fadenförmige Linien vor. Der Verfasser beweist, dass dies unrichtig ist, dass auch hier die Verbindung mehr oder weniger Kugelgestalt hat, wenn auch mit Lücken zwischen den einzelnen Körben oder Atomen. Der Verfasser beweist dann, wie die Körbe (Atome) in den Flüssigkeiten lagern und welche Veränderungen in den Körben oder Atomen vorgehen, wenn die Flüssigkeiten gefrieren oder erstarren. Der Verfasser giebt auch für diese seine Auffassung der Vorgänge wieder die mathematischen Beweise und wendet sich dann zu den Gesetzen der Krystallbildung.

Gestützt auf das System der Krystallographie seines Vaters Justus Grassmann, das jetzt in Wien bei den Mineralogen, bei Schrauf und Anderen, Anerkennung und Einführung gefunden hat, entwickelt der Verfasser die Grundgesetze der Krystallbildung und leitet daraus alle Krystallgestalten ab. Dann wendet er sich zu der Betrachtung der Mineralien und leitet aus der chemischen Zusammenfetzung der Gesteine die Gestalt ihrer Körbe (Atome) und daraus die Gestalt der

Krystalle ab. Auch hier gelingt es ihm, für jedes Mineral das Gewicht, die Größe und die Gestalt der einzelnen Körbe (Atome) mathematisch zu berechnen und die Verhältnisse der Kräfte und der Stützen für jeden Korb (Atom) nachzuweisen.

Der Verfasser glaubt hienach seinen Lesern mancherlei Neues zu bieten, andererseits ist er sich der mannigfachen Schwächen seines Werkes wohl bewusst und bittet für dieselben um Nachsicht.

An die Herren Mathematiker und Physiker; wie an die Herren Philosophen aber richtet derselbe noch eine besondere Bitte. Die Familie Grassmann hat bisher ein eigentümliches Missgeschick in der Wissenschaft erfahren. Der Vater des Verfassers, der Professor J. Grassmann, hat die Gesetze der Krystallbildung zuerst wissenschaftlich abgeleitet, allein seine Fachgenossen achteten seiner nicht (nur der Grassmann'sche Hahn an der Luftpumpe fand Anklang); erst durch Miller in Cambridge ist sein System zur Anerkennung gelangt, und erst jetzt, lange nach dem Tode des Vaters, ist sein System von den Wiener Mineralogen allgemein angenommen worden. Der Bruder des Verfassers, der Professor Dr. H. Grassmann, dessen „Ausdehnungslehre“ epochemachend zu nennen ist, und der auch sonst vielfach sehr Tüchtiges, namentlich auf dem Gebiete der Sprachwissenschaft, geleistet hat, hat erst kurz vor und nach seinem Tode die Anerkennung gefunden. Die Herren Mathematiker, Physiker und Philosophen bittet der Verfasser, nun nicht erst seinen Tod abzuwarten, ehe sie das Buch studiren. Soviel, sollte man meinen, hat die Familie Grassmann doch wohl in der Wissenschaft geleistet, dass der Verfasser die Bitte und Erwartung aussprechen kann, die Herren Gelehrten der Mathematik, Physik und Philosophie mögen das Buch wenigstens lesen, und zwar soweit lesen, dass sie ein Urteil über dasselbe haben. Mögen die Herren es dann billigen oder missbilligen, dem unterwirft sich der Verfasser gerne, aber mögen sie es beurteilen, öffentlich beurteilen und nicht todtschweigen. Der Verfasser ist kein Jüngling mehr, er ist ein Greis, der hier die Frucht seiner ein Leben ausfüllenden Arbeit vorlegt.

Dass die Sprache in diesem Werke eine rein deutsche ist, das ist in der Einleitung ausführlich begründet; dass die Zahlen in den Tafeln nur erste Annäherungswerte darstellen, das ist zwar im Werke mehrfach betont, wird aber hier nochmals wiederholt, um die Herren Beurteiler, welche die Bemerkungen im Werke übersehen möchten, hier noch besonders darauf aufmerksam zu machen.

Zur leichten Orientirung der Leser sind in jedem Absatz die Worte durch den Druck hervorgehoben, welche das Thema bilden, über welches der Absatz handelt.

Und so möge denn das Werk, welches dem Verfasser viele Arbeit, aber auch viele Freude bereitet hat, in die Welt gehen und sich Freunde suchen. Möge es in weiten Kreisen Segen verbreiten und der Wissenschaft neue Freunde erwerben.

Stettin, im Jahre 1900.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung in das Weltleben.

	Seite.
1. Die Aufgabe der Lehre vom Weltleben oder der Metaphysik.....	1
2. Die Formen der strengen Wissenschaft	3
3. Die Formen der Aussenwelt oder Raum, Zeit und Bewegung.....	8
4. Die Wesensgesetze oder Gewichtsgesetz und Raumgesetz.....	16
5. Die Bewegungsgesetze oder Beharrungsgesetz, Zeug- und Summengesetz	26
6. Die Kraftgesetze oder Nugesetz, Entfernungsgesetz, Wirkungsgesetz und Beziehungsgesetz	32
7. Die Massegesetze oder Notwendigkeits- und Trägheitsgesetz	49
8. Die Gesetze der Weltkörper und die Abschnitte des Weltlebens	52

Erster Abschnitt des Weltlebens: Das Nahrungsleben der Körper oder das Lichtleben.

9. Das Licht und die Gesetze des Ethers	55
10. Die Egesetze oder die Gesetze der Elektrizität	76

Zweiter Abschnitt des Weltlebens: Das Arbeitsleben der Körper oder das Wärmeleben.

11. Die Wärme und die Arbeit.....	87
-----------------------------------	----

Dritter Abschnitt des Weltlebens: Das Blüteleben der Körper oder das Mischleben.

12. Die Mischkunst oder die Zerlegung der Körper in Körbe	99
13. Die Luft und ihre kleinsten Teile, die Korbbälle (Molecules).....	130
14. Die Flüssigkeit und ihre kleinsten Teile, die Korbtropfen	149
15. Die Verkettung der Körbe in den Korbbällen.....	169
16. Die Zerlegung der Körbe in einfache Massewesen	174
17. Die Ekette und die chemische Verbindung der Körbe	186
18. Das Verhältniss von Wärme und Mischung, Licht und Ekraft (Elek- tricität)	204
19. Die Polkraft oder der Magnetismus	210
20. Die einfachen Wesen im Korbe	218

**Vierter Abschnitt des Weltlebens: Das Fruchtleben der Körper
oder das Füllleben.**

	Seite.
21. Die Zusammenfetzung der Körbe (Atome)	234
22. Die Bildung der Luft und der Korbballen	237
23. Die Bildung der Flüssigkeit und der Korbtröpfen	243
24. Die Bildung der Gesteine	245
25. Die Spatlehre oder Krystallonomie	258
26. Die Gesteinslehre oder Mineralogie	292
27. Der Bau der kleinsten Theilchen der Gesteine oder der Korbecke	317
28. Schluss	329
Wortverzeichniss	331

Einleitung in das Weltleben.

1. Die Aufgabe der Lehre vom Weltleben oder der Metaphysik.

Die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik soll eine strenge Wissenschaft sein, ja mehr als das, sie soll die erste strenge Wissenschaft sein, welche allen folgenden Zweigen zur Grundlage dienen kann, sie bildet also den Anfang, die Base, gleichsam den Grundstein, die Grundlage des ganzen wissenschaftlichen Gebäudes. Schon Aristoteles nennt diese Lehre deshalb die *prôtē philosophía*, die erste und vorzüglichste Wissenschaft, welche die ersten Urfachen und Prinzipien des wahrhaft Seienden aufzufuchen hat, und welche allen anderen Wissenschaften zur Grundlage dient.

Die Wissenschaftslehre, welche vom Verfasser bereits 1875 erschienen ist, hat es mit diesen ersten Urfachen des Seins nicht zu thun; sie untersucht nur den Weg und die Mittel, wie man zu einem streng wissenschaftlichen Denken gelangen kann; ihr letztes Ziel ist die Gewinnung eines streng wissenschaftlichen Denkens für die Menschengattung.

Die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik dagegen setzt die Fähigkeit eines streng wissenschaftlichen Denkens bereits voraus, sie fordert einen streng wissenschaftlichen Denker; im Uebrigen aber steht sie auf eigenen Füßen, setzt keine Begriffe, keine Erklärungen, keinerlei Lehrsätze aus der Wissenschaftslehre voraus, sondern baut sich von Anfänge an ihr Gebäude selbständig auf.

Wenn ein Bild erlaubt ist, so kann man die gesammte philosophische Wissenschaft oder das Gebäude des Wissens mit einem Gebäude von Stein vergleichen. Zunächst muss für den Grundbau die Erde aufgegraben, der Schutt und die lose Erde beseitigt und so tief gegraben werden, bis man auf festen, gewachsenen Boden kommt. Dann erst kann der Grundstein gelegt, der Grundbau oder das Fun-

dament für den ganzen Bau aufgeführt werden. So auch bei dem Gebäude der Wissenschaft. Die Wissenschaftslehre gräbt den Grund auf, sie räumt den Schutt und die lose Erde fort, sie gräbt in die Tiefe der Erde hinein, bis sie auf festen gewachsenen Boden trifft, der das ganze Gebäude sicher und fest tragen kann. Sie entwirft den Bauplan, nach welchem das ganze Gebäude aufgeführt werden soll, aber den Bau selbst führt sie nicht aus. Dagegen die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik beginnt sofort mit der Legung des Grundsteins und bringt den ersten Grundbau oder das Fundament zur Ausführung, auf welchem demnächst ein sicheres Gebäude aufgeführt werden kann.

Die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik soll also den Grundstein legen für die strengen Welt-Wissenschaften. Sie kann daher nicht Begriffe und Grundsätze aus anderen Wissenschaften entlehnen, sondern muss sich dieselben selbst aufbauen. Sie kann auch nicht beliebige Ansichten und Grundsätze aus dem bisherigen Leben und Denken des jedesmaligen Verfassers in die Lehre vom Weltleben aufnehmen; denn diese sind ja grosentheils eigentümlich, wohl selbst irrtümlich, jedenfalls nicht streng wissenschaftlich entstanden und geprüft. Die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik muss demnach einen ganz neuen und streng wissenschaftlichen Anfang der Wissenschaft legen und muss jeden Begriff, jeden Satz, den sie einführt, prüfen und als streng wissenschaftlich nachweisen.

Welcher Begriff ist aber nun der erste in diesem Baue? Aristotélēs, der zuerst diese Wissenschaft unter dem Titel *prōtē philosophía* oder *tà metὰ tà physiká* d. h. Grundphilosophie oder Metaphysik eingeführt hat, will mit der Wesenheit oder mit dem wahrhaft Seienden beginnen. Die Philosophen sind seit jener Zeit meist diesem Vorbilde gefolgt, sie nennen die Wissenschaft eine Ontologie und beginnen mit dem Sein, so noch der letzte unter den strengen Philosophen, Hegel. Aber das Sein wie das Seiende sind keine einfachen Begriffe, sondern setzen bereits eine ganze Reihe von Begriffen voraus. Ein Seiendes ist nämlich nur das, was wenigstens in zwei auf einander folgenden Zeiteilchen vorhanden ist, noch nicht verschwunden ist; wäre das Seiende nur in einem Zeiteilchen vorhanden, im nächsten aber verschwunden, so wäre es nicht ein Seiendes, sondern ein Vergehendes. Der Begriff des Seienden setzt mithin bereits den Begriff der Zeit voraus, mit dem Seienden kann man daher nicht den Bau der Grundphilosophie beginnen.

Will man die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik streng wissenschaftlich beginnen, so muss man mit einem Begriffe anfangen, der keinen anderen voraussetzt, ganz allgemein ist und dabei doch streng wissenschaftlich ist. Ein solcher Begriff kann noch keine Bestimmungen an sich haben, er kann also nicht ein einzelner, begrenzter und beschränkter Begriff sein, sondern er muss das ganz unbestimmte Etwas, das $\tau\acute{\iota}$ sein, das Gegenstand des Denkens ist, an dem noch keine Bestimmung gesetzt ist. Jedes Denken beginnt mit diesem $\tau\acute{\iota}$, auch das alltägliche beim Erwachen der Gedanken, ehe das Denken einen bestimmten Gegenstand ergriffen hat. Aber das Etwas, das $\tau\acute{\iota}$, mit dem die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik beginnt, unterscheidet sich dadurch von dem alltäglichen, unbestimmten Etwas, dass ersteres streng wissenschaftlich festgestellt wird, so dass es nur Einen und nicht mehr Werte hat. Das Etwas, mit dem die Lebenslehre beginnt, ist also die $\Gamma\rho\acute{o}\varsigma$, wie sie in der Formenlehre oder Mathematik festgestellt ist; dies führt uns zu den Formen der strengen Wissenschaft in der Formenlehre oder Mathematik.

2. Die Formen der strengen Wissenschaft.

Die Formen der strengen Wissenschaft, wie sie für jede strenge Wissenschaft erfordert werden, sind ausführlich entwickelt in der Formenlehre oder Mathematik, am strengsten in R. Grassmann die Formenlehre oder Mathematik Stettin 1872, welche den zweiten Ergänzungsteil der Wissenschaftslehre desselben Verfassers bildet. Wir können hier darauf verweisen, hier bedarf es nur eines kurzen Ueberblicks über dieselbe.

Die Formenlehre oder Mathematik beginnt also mit der $\Gamma\rho\acute{o}\varsigma$.

$\Gamma\rho\acute{o}\varsigma$ heist jedes, was Gegenstand des Denkens ist oder werden kann, sofern es nur einen und nicht mehr Werte hat.

Die $\Gamma\rho\acute{o}\varsigma$, mit der die Lehre des Weltlebens oder die Metaphysik beginnt, soll aber nicht wieder aus anderen $\Gamma\rho\acute{o}\varsigma$ en abgeleitet, sie soll ursprünglich gesetzt sein, und eine solche $\Gamma\rho\acute{o}\varsigma$ wird in der Formenlehre oder Mathematik ein Stift (stoichêion , elementum) genannt. Die Lehre vom Weltleben beginnt also begrifflich mit der Setzung eines Stiftes, sie fährt dann fort mit der Setzung eines zweiten Stiftes. Dies zweite Stift kann dem ersten gleich oder ungleich sein.

Gleich heissen zwei $\Gamma\rho\acute{o}\varsigma$ en, wenn man in jedem streng wissenschaftlichen Denkkacte, oder, was dasselbe sagt, in jeder Knüpfung der

Formenlehre die eine statt der andern ohne Aenderung des Wertes setzen kann.

Ungleich heißen zwei Größen, wenn man in keiner Knüpfung der Formenlehre die eine statt der andern ohne Aenderung des Wertes setzen kann.

Eine GröÙe kann nie einer andern GröÙe gleich und zugleich ungleich sein, sondern sie muss der andern GröÙe entweder gleich oder ungleich sein; denn jede GröÙe darf nur einen und nicht mehre Werte haben.

Die Lehre vom Weltleben oder die Metaphysik fährt dann fort, beliebig viele Größen zu setzen und sie in streng wissenschaftlicher Weise zu knüpfen; kurz sie wird zur Größenlehre, wie ich dieselbe streng wissenschaftlich behandelt und in R. Grassmann die Formenlehre oder Mathematik zweiter Ergänzungsteil der Wissenschaftslehre Stettin 1872 I. die Größenlehre* herausgegeben habe.

Bei der Knüpfung dieser Größen kann nun wieder ein zwiefaches Verhältniss stattfinden. * Wenn zwei gleiche Stifte mit einander einfach verknüpft oder gefügt (addirt) werden, so kann diese Fügung (additio) entweder eine innere oder eine äusere sein. Die Knüpfung ist eine innere, wenn das zweite gleiche Stift in das erste Stift gesetzt wird, so dass es mit diesem zusammenfällt und die Summe nur ein Stift giebt, d. h. wenn $e + e = e$ ist. Es ist diese Knüpfung die Form des begrifflichen Denkens. Der Begriff Mensch z. B. bleibt derselbe, ob ich mir einen Menschen oder beliebig viele denke. Die Knüpfung ist eine äusere, wenn das zweite gleiche Stift ausser dem ersten gesetzt wird, so dass es mit diesem nicht zusammenfällt und die Summe nicht wieder daselbe Stück giebt, d. h. wenn $e + e \geq e$ ist. Es ist diese Knüpfung die Form des äusseren Seins. Zwei Menschen z. B. bleiben in der äusseren Welt stets eine Zweiheit und sind von einem Menschen wesentlich verschieden.

Auch bei dem zweiten Grade der Knüpfung d. h. bei der Webung (multiplicatio) mit ihrem Beziehungsgesetze $(a + b) c = ac + bc$ kann die Form wieder eine zwiefache sein, entweder eine innere Webung (multiplicatio) oder eine äusere. Wenn innere Fügung

* Die Idee der Größenlehre (scientia de magnitudine) ist 1696 von Leibnitz in einem Briefe (Opera omnia ed. Dutens 1768 Th. 3 S. 338) gegeben, ausgeführt ist dieselbe zuerst von mir in dem oben genannten Werke. Jeder Satz ist daselbst streng wissenschaftlich abgeleitet und bewiesen, und kann hier darauf verwiesen werden.

(additio) und zugleich innere Webung (multiplicatio) gilt, d. h. wenn $e + e = e$ und zugleich $e \cdot e = e$ ist, so haben wir die Gesetze der Begriffslehre oder Logik; dieselben sind von mir in R. Grassmann die Formenlehre oder Mathematik Stettin 1872 II. die Begriffslehre oder Logik streng wissenschaftlich abgeleitet und bewiesen. Wenn innere Fügung (additio), aber äusere Webung (multiplicatio) gilt, d. h. wenn $e + e = e$, aber $e \cdot e \geq e$ ist, so haben wir die Gesetze der Bindelehre oder der Systematik. Dieselben sind von mir gleichfalls in R. Grassmann die Formenlehre oder Mathematik Stettin 1872 III. die Bindelehre oder Combinationslehre streng wissenschaftlich abgeleitet und bewiesen. Beide Zweige geben uns die Form-Gesetze des streng wissenschaftlichen begrifflichen Denkens, ohne welche eine strenge Wissenschaft überhaupt unmöglich ist.

Wenn äusere Fügung (additio), aber innere Webung (multiplicatio) gilt, d. h. wenn $e + e \geq e$, aber $e \cdot e = e$, d. h. $1 \cdot 1 = 1$ ist, so haben wir die Gesetze der Zahlenlehre oder Arithmetik. Dieselbe ist von meinem Bruder in H. Grassmann Lehrbuch der Mathematik für höhere Lehranstalten Stettin 1860 I. Arithmetik, und von mir in R. Grassmann die Formenlehre oder Mathematik Stettin 1872 IV. die Zahlenlehre oder Arithmetik streng wissenschaftlich abgeleitet und bewiesen. Wenn endlich äusere Fügung (additio) und zugleich äusere Webung (multiplicatio) gilt, d. h. wenn $e + e \geq e$ und zugleich $e \cdot e \geq e$ ist, so haben wir die Gesetze der Ausdehnungslehre, wie sie ausführlich von meinem Bruder in H. Grassmann die Ausdehnungslehre Berlin 1862, in H. Grassmann die Ausdehnungslehre Leipzig 1844 und 1878 und in Kürze auch von mir in R. Grassmann die Formenlehre oder Mathematik Stettin 1872 V. die Aussenlehre oder Ausdehnungslehre streng wissenschaftlich abgeleitet sind. Die beiden letzten Zweige geben uns die Form-Gesetze des streng wissenschaftlichen sachlichen Denkens über die Gesetze des Seins, ohne welche eine wissenschaftliche Lebenslehre schlechthin unmöglich ist.

Alle diese Wissenschaften bilden die Zweige der reinen Formenlehre oder der niederen Mathematik, welche die Verknüpfung gegebener oder gesetzter Stifte oder Elemente behandelt. Alle diese Zweige haben auch nicht einen Hülfsatz aus der Erfahrung oder aus der Aussenwelt aufgenommen; sie alle sind rein hervorgegangen aus der Tätigkeit des menschlichen Geistes und sind die reinen Denk- oder Formwissenschaften, welche keiner äusseren Erfahrung bedürfen,

sondern rein aus den Gesetzen des Geistes ohne äussere Erfahrung abgeleitet sind.

Aber die reinen Denkwissenschaften sind hiermit noch keinesweges erschöpft. Es giebt ausser diesen Zweigen der reinen Formenlehre oder der niederen Mathematik nämlich noch Zweige der höheren Mathematik oder der reinen Vernunftwissenschaft. Allen diesen höheren Zweigen liegt der Begriff der stetigen Grösse zu Grunde. Denken wir uns eine Grösse, welche sich verändern kann, und nennen wir diese Grösse eine Veränderliche, so wird es zunächst erforderlich sein, dass wir durch einen Zeiger den Grad der Veränderung bezeichnen, so dass wir durch diesen Zeiger jedesmal den Grad der Veränderung einwertig feststellen können. Jedem einwertigen Grade muss dann auch eine einwertige Grösse der Veränderlichen entsprechen, da sonst die Veränderliche mehrwertig würde und überhaupt keine Grösse wäre, mit welcher man noch streng wissenschaftlich arbeiten könnte. Seien nun zwei auf einander folgende Grade so wenig von einander abweichend, wie sie wollen, so wird man immer noch einen Zwischengrad zwischen den beiden Graden, den Grenzgraden, setzen können, der von jedem der beiden Grenzgrade weniger abweicht, als diese von einander abweichen. Entspricht nun jedem beliebigen Zwischengrade auch nur eine einwertige Grösse der Veränderlichen, so ist die Veränderliche eine Grösse im Sinne der Formenlehre und gelten für sie alle Gesetze der Formenlehre.*

Eine stetige Veränderliche heisst die veränderliche Grösse, wenn, wie wenig auch die Werte zweier auf einander folgender Grenzgrade von einander abweichen, der Wert jedes Zwischengrades von dem der Grenzgrade weniger abweicht als diese von einander.

Eine Grösse, welche der Veränderlichen so folgt, dass jedem Werte der letzteren auch nur ein bestimmter Wert der ersteren entspricht, heisst eine abhängige Grösse. Dieselbe ist eine stetige Abhängige, wenn jeder stetigen Veränderung der Veränderlichen auch eine stetige Veränderung der Abhängigen entspricht.

Die Differential- und Integralrechnung entwickelt die Gesetze der stetigen Grössen. Wir können hier auf diesen Zweig und auf die weiteren Zweige der höheren Mathematik verweisen. Dieselben sind die ersten Zweige und die nötige Vorbedingung für ein streng wissenschaftliches Denken überhaupt und namentlich für eine streng wissenschaftliche Lebenslehre.

Niemand kann ein streng wissenschaftliches Denken vollbringen, niemand kann auch nur einen streng wissenschaftlichen Begriff aufstellen, niemand einen streng wissenschaftlichen Satz ableiten, niemand eine streng wissenschaftliche Ordnung herstellen, noch seine Gedanken streng kritisch sichten und prüfen, der nicht diese Formwissenschaft fest inne hat und sie bis zu voller Sicherheit beherrscht und anwenden kann. Die Philosophen, welche eine Metaphysik aufgestellt haben, ohne vorher diese Wissenschaften entwickelt zu haben, sind ein Opfer ihrer Unwissenschaftlichkeit geworden und sind in die sadesten Trugschlüsse gerathen. Die meisten dieser Herren schwatzen über Alles und noch vieles Andere in der Weise, wie man etwa in einer geistreichen Damengesellschaft über Theater redet, schieben demselben Kunstausdrücke die verschiedensten Bedeutungen und verworrensten Begriffe unter, verwechseln diese verworrenen Begriffe mit einander, ohne es selbst zu merken, und glauben, während sie in dieser Verwirrung umherfahren, wissenschaftliche Gedanken entwickelt zu haben. Ein einfacher Satz von Newton, ein einfaches Naturgesetz in einem Schulbuche der Physik enthält mehr Wissenschaft und hat mehr Wert für die Wissenschaft, als ein dickleibiges Buch solch geistreichen Geschwätzes voll grosser Gelehrsamkeit, dem es an klaren, einwertigen Begriffen und schlichten, die Sache treffenden Gedanken fehlt. Der Verfasser hält solch geistreiches Herumreden und Sprüngenmachen für eitel Humbug und Charlatanerie, welches jede wissenschaftliche Klarheit und Schärfe unmöglich macht, und gar nicht scharf genug gegeißelt werden kann.

Andere Gelehrte glauben eine Sache erfasst zu haben, wenn sie die Ansichten von recht vielen Gelehrten zusammentragen, dieselben abwägen und dann ihr Urtheil darüber fällen. Der Verfasser hält auch diesen Weg für unwissenschaftlich; er führt um die Sache herum, statt in die Sache einzuführen. Auch dieser Weg giebt nicht streng wissenschaftliche einwertige Begriffe, giebt nicht streng wissenschaftliche einwertige Verknüpfungen und Beweise, sondern verfällt der auswählenden eklektischen Verwirrung, der Unklarheit und dem Trugschlusse. Wer streng wissenschaftlich denken und fortschreiten will, der muss alle diese Wege verlassen und unbekümmert um das, was dieser oder jener über die Sache gesagt hat, zu dem streng wissenschaftlichen Denken der Formenlehre d. h. der Logik und Systematik, der Zahlenlehre und der Ausdehnungslehre in ihren verschiedenen Stufen und höheren Zweigen zurückkehren und an diesen streng wissenschaftliches Denken lernen und üben.

Anm. Aristotélēs nennt die Wissenschaft vom Weltleben in seinem Werke „*metà tà physiká*“ die Grundphilosophie, welche die ersten Prinzipien und Ursachen des wahrhaft Seienden erforsche. (Met. 1, 2.) Das Organ für diese Wissenschaft ist das Denkvermögen, ist die Vernunft, welche das Prinzip der Prinzipien ist, welche auf die sich gleichbleibenden Formbestimmungen der natürlichen und geistigen Welt gerichtet ist und in diesen die ewigen, unveränderlichen Wesenheiten erkennt, welche den objektiven Grund des gesammten Seins enthalten.

3. Die Formen der Aussenwelt oder Raum, Zeit und Bewegung.

Wir haben in der vorigen Nummer die reinen Denkgesetze kennen gelernt, welche jeder strengen Wissenschaft zu Grunde liegen und die Form der Wissenschaft bestimmen. In der vorliegenden Nummer wollen wir die Gesetze kennen lernen, welche den Formen der äusseren Welt, dem Raume und der Zeit zu Grunde liegen.

Der Raum (*chôros*, *spatium*)* ist dem Namen nach das Weite, Geräumige, welches den Platz hergibt für die ausser einander befindlichen Dinge. Hiernach läst sich der Begriff des Raumes streng wissenschaftlich feststellen.

Der Raum ist das, was den Ort (*tópos*, *locus*) hergibt für die ausser einander befindlichen Grösen.

Wenn wir uns in der Grösenlehre oder in einem anderen Zweige der Formenlehre zwei oder mehrere Stifte denken, welche ausser einander sind, so haben wir bereits einen Gedankenraum. Die Ausdehnungslehre entwickelt die Gesetze dieses Raumes. In der Ausdehnungslehre ist von meinem Bruder und ebenso von mir ausführlich bewiesen, dass der menschliche Geist beliebig viele Grösengebiete beliebiger Stufe, d. h. mit beliebig vielen Ausdehnungen erzeugen kann und dass er in keiner Weise an eine bestimmte Zahl von Ausdehnungen (etwa an drei) gebunden ist. Diese Grösengebiete können einander über- oder untergeordnet sein, können aber auch von einander getrennt sein oder sich beliebig schneiden. Es ist gar nicht daran zu denken, dass der menschliche Geist nur ein Grösengebiet, d. h. nur den Raum der Aussenwelt und auch nur mit drei Ausdehnungen d. h. nur ein Grösen-

* Raum, goth. *rum-s*, ahd. an. af. agf. *rūm*, zend. *ruma*, stammt vom Urverb *ru*, mache weit, geräumig, und bezeichnet das Weite, Geräumige, was Platz für die Dinge bietet. Im Deutschen bezeichnet der Beiname goth. *rums*, an. *rūmr*, ahd. *rūmi* ein „ausgedehnt leeres“, der Raum ist also das ausgedehnt Leere.

gebiet dritter Stufe vorstellen könne. Die neuere Mathematik hat bewiesen, dass diese Ansicht ein Irrtum ist.

Jeder Mensch kann sich nun seinen eigenen Raum denken, ja derselbe Mensch kann sich zu verschiedenen Zeiten ganz verschiedene Räume denken. Von allen diesen gedachten Räumen unterscheiden wir aber den Raum der Aussenwelt oder den äusseren Raum.

Der äussere Raum oder der Raum der Aussenwelt ist der Raum, welcher den Ort hergibt für die äusseren Wesen und für ihre Aenderungen des Ortes. Diesen äusseren Raum kennen wir nur aus der äusseren Erfahrung. Es giebt nur einen solchen äusseren Raum, alle Wesen der Aussenwelt haben einen Ort in diesem Raume, dieser Raum ist für alle Menschen derselbe, dieser äussere Raum hat drei, aber auch nicht mehr als drei Ausdehnungen. Der äussere Raum der Raumlehre ist ein leerer Raum, der keine Einwirkung von den Wesen im Raume empfängt und keine Einwirkung auf die Wesen im Raume ausübt. Gleiche Zeichnungen an verschiedenen Orten des Raumes ausgeführt, ergeben stets Gleiches. Wenn wir im Folgenden vom Raume sprechen, verstehen wir darunter stets den äusseren Raum.

Die Sätze, welche hier für den äusseren Raum aufgestellt sind, sind von verschiedenen Gelehrten bestritten.

Kant (Kritik der reinen Vernunft I. § 2—3) hat zunächst behauptet, der äussere Raum sei ein notwendiger Begriff a priori, eine reine Anschauung, welche nicht aus der äusseren Erfahrung genommen sei; auch die Tatsache, dass es nur einen solchen äusseren Raum giebt, in dem alle Wesen der Aussenwelt sind, und dass derselbe drei Ausdehnungen hat, sei a priori im Geiste vorhanden ohne Zuhilfenahme der äusseren Erfahrung. Aber alle diese Behauptungen Kant's sind unrichtig und beruhen auf Irrthümern. Zunächst ist es unrichtig, dass der Mensch a priori nur einen Raum und zwar mit drei Ausdehnungen sich denken könne. Wie in der Ausdehnungslehre streng wissenschaftlich bewiesen, kann der Mensch sich a priori beliebig viele Räume mit beliebig vielen Ausdehnungen denken oder construiren. Aber die Wesen der Aussenwelt sind in keinem dieser gedachten Räume.

Der äussere Raum, in dem alle Wesen der Aussenwelt ihren Ort haben, ist dem Menschen nicht a priori bewusst, sondern wird ihm erst durch die äussere Erfahrung, durch die Ortsveränderung seines Körpers und anderer Wesen im Raume, wie durch die Eindrücke, welche diese Wesen im Raume auf seine Sinne machen, bekannt. Der Mensch lernt durch die Anziehung der Erde die Richtung abwärts

und die entgegengesetzte aufwärts, d. h. die beiden senkrechten Richtungen und die unter rechtem Winkel zu denselben stehende wagerechte Ebene kennen, er lernt in der wagerechten Ebene die Richtungen vorwärts und rückwärts, sowie die Richtungen rechts und links kennen, d. h. im Ganzen die sechs Hauptrichtungen oder, da je zwei derselben einer geraden Linie angehören, die drei Ausdehnungen des Raumes kennen. Der Mensch lernt durch seine Ortsveränderung im Raume die Eigenschaft des Raumes kennen, dass er den Ort hergibt für jede beliebige Ortsveränderung, sowie dass gleiche Ortsveränderungen an verschiedenen Orten des Raumes ausgeführt auch immer Gleiches ergeben, oder mit anderen Worten, dass der Raum keinerlei Einwirkungen auf die Ortsveränderungen ausübt, dass alle Teile des Raumes ganz gleich sind für jede Ortsveränderung.

Der Mensch weis endlich auch aus der Erfahrung, dass es im Raume sehr verschiedene Entfernungen giebt. Um dieselben vergleichen und bestimmen zu können, muss er ein festes Mas haben, mit dem er sie messen kann. Das natürliche Mas ist für den Menschen der Schritt, mit dem er die Entfernung ausschreitet. Der Schritt ist der Leibeslänge des Menschen und ebenso dem Klafter, d. h. der Entfernung von Fingerspitze bis Fingerspitze bei ausgebreiteten Armen gleich und ist gleich 100 Finger, gleich 10 Spann.* Tausend solcher Schritte bilden eine Meile (*passus mille*) der alten Römer. Das künstliche Mas ist für den Menschen der Meter (gleich $\frac{3}{5}$ Schritt), dessen genaue Länge durch den Normalmeter, der in Paris aufbewahrt wird, bestimmt ist, und der in 1000 Millimeter geteilt ist; 1000 Meter bilden einen Kilometer. Jeder Staat lässt genaue Längenmase fertigen, welche mit diesem Mase übereinstimmen und wonach jeder Mensch die Längen genau messen kann, sofern er auf ein genaues Messen eingeübt ist. Kein Mensch kann a priori die Länge des Schrittes oder des Meters bestimmen. Für den Winkel bildet der Kreis mit seiner Einteilung das Mas.

Die Raumlehre oder Geometrie entwickelt die Gesetze des äusseren Raumes, oder der Zeichnung und des Messens, bezüglich der Ortsveränderung im Raume. Die zeichnende Raumlehre oder die Geometrie im Sinne des Eukleidēs gewinnt die Gesetze des Raumes durch

* Der Schritt ist die Entfernung bis dahin, dass wieder derselbe Fus vorne steht; dies ist auch der *passus* der alten Römer. Die Entfernung bis dahin, dass der andere Fus vorne steht, ist ein Halbschritt.

Zeichnung mittelst Lineal und Zirkel. Der einzige Grundsatz, welchen dieselbe gebraucht, ist die Gleichheit des Raumes, d. h. dass der Raum nichts an der Zeichnung ändert, dass gleiche Zeichnung an verschiedenen Orten des Raumes ausgeführt, immer Gleiches ergibt. In den meisten Raumlehren, wie sie auch heute noch nach dem Muster und den Beweisen des Eukleidēs vorgetragen werden, tritt dieser Grundsatz freilich weniger in die Augen; dagegen tritt er klar hervor in der Raumlehre des Verfassers; hier zeigt es sich, dass dieser Grundsatz allein vollständig genügt, um alle Sätze der Raumlehre abzuleiten.

Die rechnende Raumlehre oder die analytische Geometrie gewinnt dieselben Sätze durch Rechnung, indem sie die Gesetze der Formenlehre einfach auf den äusseren Raum anwendet. In der Raumlehre, sowohl der zeichnenden, wie der rechnenden, wendet man immer nur einen Raum und zwar mit drei Ausdehnungen an, indem man von der äusseren Erfahrung ausgeht, dass es nur einen solchen Raum giebt, in welchem alle Dinge und Wesen ihren Ort haben. Der Geist des Menschen kann fons, wie gesagt, beliebig viele Räume mit beliebig vielen Ausdehnungen in Gedanken errichten und beliebig in denselben zeichnen, bezüglich rechnen.

Der äusere Raum hat drei Ausdehnungen. Dieser Satz ist in neuester Zeit von gewissen Seiten bestritten. Die Spiritisten haben eine vierte Ausdehnung erdichtet und über dieselbe mancherlei phantastirt, selbstverständlich ohne jeden wissenschaftlichen Inhalt und ohne jede Bedeutung. Aber auch in sonst wissenschaftlich gehaltenen Werken wird von vierter Ausdehnung geschrieben und scheint man zweifelhaft zu sein, ob der äusere Raum drei oder vier Ausdehnungen habe. Die Mathematiker haben stets nur drei Ausdehnungen gelehrt. Der grosse Mathematiker Gauss hat, wie Sartorius v. Waltershausen „Gauss zum Gedächtniss, Leipzig 1856“ schreibt, nur drei Ausdehnungen für den äusseren Raum zugestanden, und die anders Denkenden Böötier, auf Deutsch Dummköpfe genannt. Und er hat in dieser Aeuserung Recht.

Es ist ja möglich, selbst in einer geraden Linie unendlich viele Ausdehnungen anzunehmen und zu behaupten; man darf nur die Bedingung stellen, dass man bei den Zeichnungen in der geraden Linie immer nur rationelle Verhältnisse des ursprünglichen Mases nehmen dürfe, dann giebt jedes neue Mas, welches zu dem ursprünglichen in irrationalen Verhältnisse steht, mit ihm incommensurabel ist, neue Vielfache, welche nie mit den ersten zusammentreffen können. Man kann dann jedes Mas mit seinen Vielfachen als eine eigene Ausdehnung

setzen und hat in der geraden Linie unzählig viele Ausdehnungen. Die Möglichkeit, beliebig viele Ausdehnungen im Raume anzunehmen, ist also vorhanden.

In der Wissenschaft aber kommt es nicht darauf an, was ist bei beschränkten und ungeschickten Annahmen alles möglich, sondern wie kann man alle Größen auf die einfachste und leichteste Weise ableiten, und da ist es klar, dass man alle Größen in einer geraden Linie aus einer einzigen Ausdehnung und einem einzigen Mase ableiten kann, wenn man alle (auch die irrationellen) Verhältnisse zulässt, und dass dies das einfachste und allein wissenschaftliche ist. Ebenso ist klar, dass man alle Größen in einer Ebene aus zwei Ausdehnungen, dass man alle Größen im Raume aus drei Ausdehnungen ableiten kann, und dass dies das einfachste und mithin allein wissenschaftliche ist. Die Annahme von mehr als drei Ausdehnungen für den Raum ist also eine unnütze und unwissenschaftliche, welche ganz ernst zurückgewiesen werden muss. Das schließt jedoch nicht aus, dass für einzelne Betrachtungen mehr als drei Ausdehnungen zu Grunde gelegt werden können, im Gegenteile, wo die Entwicklung dadurch einfacher wird, ist dies der elegantere und wissenschaftlichere Weg. Eine solche einzelne Betrachtung hebt aber nicht das allgemeine Verhältniss für den Raum auf.

Die Zeit (chrónos, tempus) * ist dem Namen nach die Angezeigte, welche durch den Stand der Sterne, der Uhr, oder durch andere Ereignisse angezeigt wird. Der Begriff der Zeit ist hiernach streng wissenschaftlich folgender:

Die Zeit ist das, was den Ort (tópos, locus) hergiebt für die nach einander eintretenden Setzungen oder Akte. Wenn wir in der Größenlehre oder in einem anderen Zweige der Formenlehre nach dem ersten Stille ein zweites, drittes u. s. w. Stille setzten, so haben wir bereits eine Gedankenzeit und einen Wechsel der Gedanken in der Zeit. Die Ausdehnungslehre entwickelt auch die Gesetze der Zeit, wie die des Raumes. Jeder Mensch kann nun in seinen Gedanken die verschiedensten Zeiten denken, er kann eine schnell verfließende, dahinfliegende Zeit denken, er kann eine langsam schleichende Zeit

* Zeit, ahd. zīt, an. agf. af. schwed. tīd, stammt vom Urverb dik, sskr. diḡ, griech. deik-nymi, lat. dic-o, goth. teih-a, ahd. zeig-ju, nhd. zeihe, zeige, und bezeichnet das Angezeigte, das durch irgend eine Erscheinung, den Stand der Sonne, der Sterne, Festgestellte und Angezeigte.

denken, er kann sich in Gedanken in die Zeit der grauen Vorzeit versetzen. Alle diese gedachten Zeiten unterscheiden wir aber von der Zeit der Außenwelt oder der äusseren Zeit.

Die äussere Zeit oder die Zeit der Außenwelt ist die Zeit, welche den Ort hergibt für die Thaten und für die Veränderungen der äusseren Wesen im Raume. Diese äussere Zeit kennen wir nur aus der äusseren Erfahrung. Es giebt nur eine solche äussere Zeit, alle Wesen der Außenwelt leben nur in dieser äusseren Zeit, und verändern sich in dieser Zeit, diese Zeit ist für alle Menschen dieselbe. Diese äussere Zeit hat eine und nicht mehr als eine Ausdehnung, sie ist eine leere Zeit, d. h. diese Zeit empfängt nicht Einwirkungen von den Wesen, übt keine Einwirkung auf die Wesen aus. Gleiche Thaten, an verschiedenen Zeitpunkten ausgeführt, ergeben stets Gleiches. Wenn wir im Folgenden von der Zeit sprechen, verstehen wir darunter stets die äussere Zeit.

Die Sätze, welche wir hier für die Zeit aufgestellt haben, sind aber wieder von verschiedenen Gelehrten bestritten. Kant (Kritik der reinen Vernunft I. § 4—8) hat für die Zeit ebenso wie für den Raum behauptet, dass die Zeit ein notwendiger Begriff a priori sei, eine reine Anschauung, welche nicht aus der äusseren Erfahrung genommen sei, auch die Thatfache, dass es nur eine solche Zeit giebt für alle Wesen der Welt und dass die Zeit nur eine Ausdehnung des Nacheinanders hat, sei a priori im Geiste vorhanden ohne Zuhilfenahme der äusseren Erfahrung; dagegen sei die Bewegung aus der Erfahrung entlehnt. Aber auch diese Behauptungen Kant's beruhen auf einem Irrthume. Der menschliche Geist kann, wie gesagt, beliebig viele Grösengebiete mit beliebig vielen Ausdehnungen erzeugen. Dass die äussere Zeit ein Grösengebiet erster Stufe mit nur einer Ausdehnung ist, das weis der Mensch nur aus der äusseren Erfahrung. Der Mensch kennt aus der Erfahrung die Aufeinanderfolge der Ereignisse, er weis aus der Erfahrung, dass jede Arbeit, jede That des Menschen eine bestimmte Zeit erfordert, er weis aber auch aus der Erfahrung, dass die gleiche That, zu verschiedenen Zeiten ausgeführt, auch wieder Gleiches ergibt, oder dass alle Theile der Zeit gleich sind für die Bewegung.

Die Zeit wird von den Menschen eingetheilt und gemessen. Für den Erdbewohner ist das Mass der Zeit die Bewegung der Erde, bezüglich die des Mondes oder des Erdtrabanten. Die Bewegung der Erde um die Sonne giebt die Jahreslänge und die Länge der 4 Jahres-

zeiten, die Bewegung des Mondes um die Erde giebt die Länge des Monates und die vier Mondviertel oder die Mondwochen, die Bewegung der Erde um ihre Achse giebt die Länge des Erdtages mit den 4 Tageszeiten. Die mittlere Zeit von Mittag bis Mittag, d. h. wieder bis zum höchsten Stande der Sonne, giebt die Länge des Sonnentages; derselbe wird in 24 gleiche Stunden geteilt. Genaue Uhren sind so geregelt, dass sie jederzeit genau Stunde und Stundenteil angeben. Jede Stunde ist in 60 Minuten, jede Minute in 60 Sekunden geteilt. Besser wäre es, wenn jede Stunde zehnteilig in Tausendtel-Stunden geteilt würde.

Die Bewegung (motus) heist die Veränderung des Ortes eines Dinges im Raume während einer bestimmten Zeit.* Die Bewegung ist demnach die Beziehung des Raumes auf die Zeit.

Auch bei der Bewegung kann man wie bei dem Raume und bei der Zeit eine Bewegung der Gedanken im Gedankenraume und in der Gedankenzeit von der äusseren Bewegung im äusseren Raume und in der äusseren Zeit unterscheiden. Jedes Setzen eines Stiftes, jedes Knüpfen zweier Grösen kann bereits als eine Gedankenbewegung aufgefasst werden. Dieses Setzen und dieses Knüpfen sind dann aber auch die einfachsten Bewegungen, die es giebt, und man tut besser, diese Arten der Gedankenbewegung lieber als Aenderungen aufzufassen, da bei ihnen die Beziehung zur Zeit, d. h. der Begriff der Schnelligkeit ganz fortfällt und nur die Aenderung, d. h. das Setzen eines Anderen, oder das Knüpfen und dadurch Hervorbringen eines Anderen bleibt. Ich unterscheide in diesem Sinne und nenne Bewegung nur die Veränderung des Ortes eines Dinges im äusseren Raume während einer äusseren Zeiddauer.

Die Bewegung heist gleichmässig, wenn der Ort des Dinges sich in derselben geraden (bzw. kreisförmigen) Linie in gleichen Zeiten

* Die Metaphysiker, so z. B. Kirchner (Hauptpunkte der Metaphysik Cöthen 1880 S. 62) behaupten, dass in dem obigen Begriffe ein Zirkel enthalten sei, denn Veränderung sei nichts anderes als Bewegung; aber dieser Vorwurf ist unbegründet. Der Zirkel liegt nicht in der obigen Erklärung, sondern in der begrifflichen Verworrenheit der modernen Metaphysik. Zum Begriffe der Bewegung gehört notwendig der Begriff der Schnelligkeit, d. h. die Beziehung der Ortsveränderung auf die Zeit; nur durch die Schnelligkeit kann die Gröse der Bewegung bestimmt werden. Dagegen hat der Begriff der Veränderung gar nichts mit der Schnelligkeit zu tun, für ihn genügt das Setzen eines Anderen. Beide Begriffe sind also ganz wesentlich von einander verschieden, und ist es ein wissenschaftlicher Fehler, wenn man dieselben gleich setzt.

um gleich viel verändert. Auf geraden Linien heissen zwei Bewegungen gleich, wenn sich der Ort der beiden Dinge in gleicher Zeit um gleich grosse Strecken verändert, die eine Bewegung heisst m mal so gross, wenn sich der Ort des Dinges um eine m mal so grosse Strecke verändert. Die Schnelligkeit ist das Mas der Bewegung.

Schnelligkeit* heisst der gradlinige Weg, den ein Ding in einer Sekunde zurücklegen würde, wenn es die ganze Sekunde mit gleichmässiger Bewegung und in derselben Richtung fortschreiten würde.

Wird die Schnelligkeit grösser, so heisst die Bewegung beschleunigt, wird sie kleiner, so heisst die Bewegung verzögert. Nimmt die Schnelligkeit in jeder Sekunde gleichviel zu, z. B. in jeder Sekunde um 2 n Meter, so haben wir eine gleichmässige Beschleunigung. Sei also die Anfangsgeschwindigkeit Null, so werden bei gleichmässiger Beschleunigung die Geschwindigkeiten am Ende der ersten Sekunde 2 n , am Ende der 2ten 4 n , am Ende der 3ten 6 n Meter, am Ende der m ten Sekunde 2 m n Meter sein. Die Bewegung wird dann in der ersten Sekunde mit der mittleren Schnelligkeit zwischen 0 und 2 n Meter verlaufen, d. h. den Weg von n Meter zurücklegen, und da die Schnelligkeit in jeder Sekunde um 2 n Meter zunimmt, so wird sie in der zweiten Sekunde 3 n , in der 3ten 5 n , in der m ten Sekunde $(2 m - 1) n$ Meter zurücklegen, d. h. die Bewegung wird in einer

* Die Schnelligkeit beträgt beim

Lichte in einer Sekunde = 310 Mill. M., in einer Stunde 1'116000 Mill. Meter
= 1 Bill. M.

Estrom (Electricit.)	= 300 Mill. M., in einer Stunde = 1 Bill. M.
Erde um die Sonne	= 31 Taufend M., in einer Stunde = 110 Mill. M.
Schall in trockner Luft	= 332 _{,77} M. in einer Stunde 1'197972 Meter = 1 Mill. M.
Erde am Gleicher	= 462 _{,86} M., in einer Stunde 1'666666 M. = 1 ² / ₃ Mill. M.
Erregung in Nerven	= 33 M., in einer Stunde 110'000 M.
Schnellzüge*	= 21 M., in einer Stunde 75000 M.
Personenzüge*	= 16 ² / ₃ M., in einer Stunde 60000 M.
Güterzüge	= 12 ¹ / ₂ M., in einer Stunde 45000 M.
Wind, sehr stark	= 15 _{,00} M., in einer Stunde 54000 M.
„ guter Seewind	= 9 _{,00} M., in einer Stunde 32000 M.
„ frisch	= 4 _{,00} M., in einer Stunde 14400 M.
„ mässig	= 2 _{,00} M., in einer Stunde 7200 M.
Schnellpost	= 3 ¹ / ₃ M., in einer Stunde 12000 M.
Fusgänger	= 1 ² / ₃ M., in einer Stunde 6000 M.
Fusheer	= 1 _{,32} M., in einer Stunde 4750 M.

* Neigung unter 1¹/₂₀₀, Krümmungsradius 1000 Meter.

Sekunde n , in 2 Sekunden $1\ n$, in 3 Sekunden $9\ n$, in m Sekunden m^2n Meter zurücklegen.

Die reine Bewegungslehre, welche eben so einfach ist wie die Raumlehre, entwickelt diese Gesetze über die Bewegung.



Die reine Bewegungslehre entwickelt ferner die Lehre von der Zusammenfetzung der Bewegungen. Setzen sich zwei Bewegungen verschiedener Richtung AB und AD zusammen, so ist die Lehre der Raute oder die Diagonale des Parallelogramms AC die Summe dieser Bewegungen.

Zahlreiche, höchst lehrreiche Sätze entwickeln sich, die ganze Statik, soweit nicht das Gewicht in Betracht kommt, findet hier ihre Darstellung und wissenschaftliche Stelle. Die Ausdehnungslehre, welche die Zeit als eine vierte Ausdehnung neben den drei Ausdehnungen des Raumes auffasst, findet hier eine ausgezeichnete Anwendung.

4. Die Wesensgesetze oder Gewichtsgesetz und Raumgesetz.

Wir haben in den vorhergehenden Nummern die Formen der strengen Wissenschaft und die Formen der Aussenwelt, in Raum und Zeit kennen gelernt und wollen nun zu diesen Formen den Gehalt suchen. Die Frage, welche sich uns hier zunächst aufdrängt, ist die, ob es in der Aussenwelt, in Raum und Zeit, wirkliche Wesen giebt, und ob wir dieselben wahrnehmen und streng wissenschaftlich erforschen können? Zur Beantwortung dieser Frage kommt es zunächst darauf an, eine genaue Erklärung zu geben, was wir unter dem Begriffe Wesen verstehen wollen.

Der Name Wesen* bezeichnet ein Seiendes, Bleibendes. Soll ein solches Wesen wahrgenommen und wissenschaftlich untersucht

* Wesen, ahd. wesan, ist das Particp des Verbs wesen, goth. was vis-a, weile, bleibe, sskr. was wohne, bleibe, und bezeichnet ein Seiendes, Bleibendes. Der Gegensatz des Seins oder Bleibens ist das Verwesen. Man muss aber das wirkliche Ding, das Wesen, das *ón*, wohl unterscheiden von der Wesenheit, der *ousia*, d. h. der Beschaffenheit, durch welche ein Ding das Sein hat. Man darf daher in streng wissenschaftlichen Werken nicht vom Wesen der Dinge reden, sondern nur von der Wesenheit der Dinge, wenn man nicht in Unklarheit und Trugschlüsse verfallen will. Im ahd. bezeichnet *wesan* nur das Wesen im obigen Sinne, *wesim* die Wesenheit, im mhd. beginnt leider schon die Verwirrung, muss aber in streng wissenschaftlichen Werken ausgemerzt werden.

werden können, so muss es Wirkungen auf Anderes ausüben und Wirkungen von Anderem empfangen können. Wir erklären daher:

Wesen ist das, was Wirkungen auf Anderes ausübt und Wirkungen von Anderem empfängt. Wegen dieser Wirkungen heißen diese Wesen auch wirkliche Wesen, welche der Wirklichkeit angehören.

Nichts ist das, was keine Wirkungen auf Anderes ausübt oder auszuüben im Stande ist und keine Wirkungen von Anderem empfängt.

Alle Wesen der Aussenwelt befinden sich nun aber im Raume und in der Zeit, da dies die allgemeine Form der Aussenwelt ist. Man kann daher die Wesen auch Raumwesen, das Nichts auch den leeren Raum nennen.

Raumwesen ist also das im Raume, was Wirkungen auf Anderes ausübt und Wirkungen von Anderem empfängt.

Leerer Raum ist das im Raume, was keine Wirkungen auf Anderes ausübt und keine Wirkungen von Anderem empfängt.

Alle diese Erklärungen haben wir aufgestellt, nur um klar und wissenschaftlich scharf zu sein, ohne zu fragen, ob es auch in Wirklichkeit solche Wesen giebt. Die Erfahrung muss uns die Beantwortung dieser Frage bieten. Und die Erfahrung beweist denn auch, dass es solche Wesen im Raume giebt.

Niemand kann leugnen, dass es in der Aussenwelt zahlreiche Wesen mannigfachster Art giebt, welche Einwirkungen auf den Leib des Menschen hervorbringen. Man darf sich nur an einem harten Gegenstande stossen, um den lebhaftesten Eindruck von solcher Wirkung eines Wesens zu erlangen. Jedes Kind empfängt schon sofort nach seiner Geburt die Eindrücke von den Wirkungen der Wesen; freilich ist die Welt der Wesen für das Kind zunächst sehr klein, das Kind kann, solange es sich noch nicht bewegen kann, nicht wissen, ob und welche Wesen es im Raume giebt. Das erste Wesen, von dem das Kind Eindrücke empfängt, ist die Mutter, welche es an seine Brust legt, ihm Nahrung giebt, es hegt und pflegt. Aber je mehr das Kind Augen, Hände, Leib und Füße bewegen lernt, um so mehr lernt es auch Wesen kennen, welche Eindrücke ausüben und empfangen, und ist nun mit unermüdlichem Eifer bemüht, die Wesen seiner Umgebung kennen zu lernen. Bei dieser Bemühtung kann es ihm bald

nicht entgehen, dass jedes Wesen, wenn es nicht richtig unterstützt und gehalten ist, zur Erde fällt, dass also die Erde auf alle Wesen, welche auf der Erde sind, eine Wirkung ausübt, durch welche sie die Wesen zur Erde hinzieht. Das Kind und noch mehr der erwachsene Mensch lernt also, dass es auf der Erde eine grose Zahl von wirklichen Wesen im Raume giebt.

Die Wesen, welche wir auf der Erde wahrnehmen, sind aber mannigfaltigster Art und zeigen die mannigfaltigsten Einwirkungen. Für die streng wissenschaftliche Erforschung kommt es darauf an, von allen diesen Wirkungen diejenigen zunächst aufzufuchen, welche eine streng wissenschaftliche Erforschung zulassen, ohne dass wir auf die sonstigen Verschiedenheiten und Eigentümlichkeiten der verschiedenen Wesen einzugehen brauchen. Die einzige Veränderung, deren Gesetze wir in Raum und Zeit genau und streng wissenschaftlich kennen gelernt haben, ist die Bewegung. Die Wirkung, welche wir an den Wesen zunächst allein streng wissenschaftlich erforschen können, ist also die Bewegung der Wesen.

Es giebt eine grose Zahl von Wesen, welche wir bewegen können, oder welche auf unsere Bewegung einwirken. Hierbei machen wir bald die Erfahrung, dass verschiedene Wesen auch ganz verschiedene Anstrengungen erfordern, um bewegt zu werden. Den einen Stein können wir von der Erde aufheben und ihn werfen, einen andern gröseren können wir nicht mehr heben; der eine Stein erfordert wenig Anstrengung, der andere viel. Alle diese Steine erfordern aber eine gewisse Anstrengung, um sie zu heben, weil die Erde sie anzieht. Hebt man sie auf und lässt sie nun los, so fallen sie zur Erde und geben dem Wesen, auf welches sie fallen, einen Stos, und zwar einen um so gröseren Stos, je gröser die Anstrengung war, welche der Stein beim Heben erforderte. Es beweist dies, dass die Erde auf die verschiedenen Wesen einen verschiedenen Einfluss ausübt; die Wesen, auf welche sie eine grose Wirkung ausübt, nennt man schwer, die, auf welche sie eine kleine Wirkung ausübt, nennt man leicht. Die Eigenschaft der Körper, dass sie von der Erde angezogen werden, nennt man ihre Schwere. Die Aufgabe der Wissenschaft wird es sein, ein streng wissenschaftliches Mas für diese Schwere aufzufinden.

a. Das Gewichtsgesetz.

Zunächst kommt es darauf an, die Wesen aufzufuchen, welche gleich schwer sind, d. h. auf welche die Erde eine gleiche Wirkung

ausübt. Das Werkzeug dazu ist die Wage. Ein fester senkrechter Ständer trägt oben eine Platte, welche schmal, nach vorne und hinten länglich, gut geglättet und genau wagerecht ist. Ein Balken, der Wagebalken, ruht in der Mitte durch zwei vorspringende scharfkantige Auflager auf der Platte und kann sich um die scharfe Kante der Auflager mit grüster Leichtigkeit bewegen. Die beiden Arme des Balkens, d. h. die beiden Teile des Balkens, welche von der scharfen Kante der Auflager nach beiden Seiten gehen, sind so eingerichtet, dass sie gleich lang und gleich schwer sind, d. h. so, dass der eine nicht mehr Wirkung von der Erde empfängt, als der andere. In genau gleicher Entfernung von der Kante der Auflage hängt an jedem Arme eine Schale, die Wagschale, auf welche beliebige Wefen gelegt werden können. Beide Schalen sind gleich schwer und haben, wenn sich der Balken bewegt, gleiche Schnelligkeit. Beide Schalen halten sich daher das Gleichgewicht, d. h. die eine wird ebenso stark zur Erde gezogen wie die andere.

Legt man nun auf jede der beiden Schalen ein Wefen, so wird diejenige Schale zur Erde sinken, auf welcher das schwerere Wefen, d. h. das Wefen liegt, welches mehr Einwirkung von der Erde empfängt. Wenn beide Wefen gleich schwer sind, so wird wieder Gleichgewicht herrschen. Nimmt man nun Wefen aus Erz, welche sich nicht verändern und von denen man durch Feilen oder Schleifen leicht ein wenig abnehmen kann, so kann man leicht vom zweiten Wefen soviel abnehmen, bis es dem ersten gleich schwer ist, d. h. bis beide gleiche Wirkung von der Erde empfangen. Man sagt in diesem Falle, die beiden Wefen haben gleiches Gewicht. Fertigt man nun eine Zahl gleicher Gewichtsstücke, so kann man damit das Gewicht sämtlicher Wefen auf der Erde bestimmen.

Da die Bestimmung des Gewichtes der Wefen die erste und wichtigste wissenschaftliche Feststellung über die Wefen bildet, so war die genaue Feststellung der Gewichte eine der ersten Sorgen der Menschen. Schon die ältesten Völker kannten Wage und Gewicht. Jeder Staat sorgte für gute Wagen und Gewichte, stellte Normalgewichte her und bestrafte falsches Gewicht. Jeder Staat hatte dabei seine eigenen Gewichtsstücke, welche von denen der anderen Staaten mannigfach abwichen. In neuester Zeit hat man nun für alle Staaten ein gemeinfames Gewichtsmas herzustellen versucht. Das Normal-Kilogramm in Paris bildet die Norm für dieses gemeinfame Gewichtsmas, alle anderen Gewichtsstücke werden nach diesem bestimmt und

staatlich als richtig anerkannt oder geeicht. Das Kilogramm wird in 1000 Gramme, dies in 1000 Milligramme eingeteilt. Tausend Kilogramme heissen eine Tonne.

Alle Wesen auf der Erde werden nun, soweit sie beweglich sind, gewogen und ihr Gewicht festgestellt. Diese Feststellung der Gewichte ist die erste wissenschaftliche Feststellung für die Wesen der Erde. Jedes Wesen ist also dadurch ein Wesen, dass es Wirkungen auf Anderes ausübt und von Anderem empfängt. Diese Wirkung ist aber abhängig von dem Gewichte des Wesens. Ein Wesen, dessen Gewicht Null ist, hat gar keine Wirkung und ist gar kein Wesen, sondern ein Nichts.

Alle Wesen auf der Erde nehmen nun aber einen Raum ein, sie können daher zerkleinert, zerteilt werden. Die Frage ist, was bei dieser Teilung aus dem Gewichte des Wesens wird. Die Erfahrung beweist, dass durch alle Teilung das Gewicht des Wesens nicht verändert wird. Auch durch jede andere Einwirkung, welche man auf ein Wesen ausübt, wird das Gewicht der gesammten Teile des Wesens nicht geändert; dies ergibt das erste Wesensgesetz oder das Gewichtsgesetz:

Durch alle Einwirkungen der Weltwesen wird nie, auch nur das kleinste Teilchen eines Weltwesens hervorgebracht oder vernichtet, oder mit anderen Worten: Jedes einfache Weltwesen ist ein Wesen, ein Seiendes im eigentlichsten Sinne des Wortes, das in seinem Gewichte durch alle Einwirkungen der Welt nie eine Veränderung erfährt, sondern in Ewigkeit dasselbe bleibt.

b. Das Raumgesetz.

Jedes Weltwesen ist im Raume und nimmt einen bestimmten Teil des Raumes in Anspruch. Die Erfahrung lehrt nun und die wissenschaftliche Erörterung des Begriffs des Wesens ergibt übereinstimmend mit der Erfahrung, dass jedes Wesen seinen Raum ausschliessend einnimmt, in der Weise, dass nicht gleichzeitig ein zweites Wesen in demselben Raume sein kann, den das eine Wesen einnimmt. Denken wir uns zu gleicher Zeit mehrere Wesen ganz in demselben Raume, so könnte man die Wesen gar nicht trennen, gar nicht unterscheiden, gar nicht wissenschaftlich behandeln; kurz das Wesen wäre nicht eine Grösse, welche nur einen und nicht mehrere Werte zulässt.

Diese Ausschlieslichkeit des Raumes schliet aber nicht aus, dass in demselben Raume viele Wesen neben einander sind. So können ja in einem Saale viele Menschen neben einander sein, ebenso können auch in dem kleinsten Raume noch verschiedene Wesen neben einander sein. Die Aufgabe der Wissenschaft ist, dies genau zu erforschen und die neben einander befindlichen Wesen von einander zu trennen in der Weise, dass man zuletzt die einfachen Wesen vor Augen hat, aus denen die zusammengesetzten zusammengesetzt sind, und dass man zuletzt für jedes dieser Wesen die Wirkungen angeben kann, welche es ausübt. Unwissenschaftlich wäre es, wollte man dem einen dieser Wesen Wirkungen beilegen, welche einem ganz anderen Wesen zukommen.

Die Aufgabe der Wissenschaft wird also sein, die zusammengesetzten Wesen in die einfachen Wesen zu zerlegen, aus denen sie zusammengesetzt sind. Dass jedes zusammengesetzte Wesen aus anderen Wesen zusammengesetzt ist und sich also zerlegen lassen muss, das beweist schon der Begriff. Gleichgültig ist dabei für den Begriff, ob die Menschheit schon jetzt die praktischen Mittel besitzt, um diese Zerlegung auch wirklich vornehmen zu können; dem Begriffe nach ist das zusammengesetzte Wesen immer zerlegbar und muss zerlegt werden, wenn man streng wissenschaftlich bleiben will. Die Teile des zusammengesetzten Wesens können nun abermals zusammengesetzt sein und sind dann wieder zerlegbar. Zuletzt aber muss das Zusammengesetzte in einfache Wesen, die Urwesen oder Monádes, sich zerlegen lassen, welche nicht weiter zerlegt werden können und welche einen bestimmten Raum einnehmen und ein bestimmtes Gewicht haben.

Der erste, der diese höchst klaren und wichtigen Sätze in wissenschaftlicher Form aufgestellt hat, ist Leibniz, der schon als Jüngling 1663 n. Chr. die entsprechenden Sätze entwickelt hat. In seinen *principiis philosophiæ* stellt er darüber folgende Sätze auf:

1. Die Monade, von welcher wir sprechen wollen, ist ein einfaches Wesen, welches in Zusammensetzungen eingeht. Einfach wird genannt, was keine Teile hat.
2. Es ist aber notwendig, dass es einfache Wesen gebe, weil es zusammengesetzte giebt; denn das Zusammengesetzte ist eine Zusammenfassung von Einfachen.
3. Was keine Teile hat, das hat auch keine Ausdehnung, keine Gestalt, keine Teilbarkeit. Die Monaden aber sind jene wahren Theillosen der Welt, die Atome, die Elemente der Natur.

4. In den Monaden kann eine Auflösung nicht stattfinden, auch kann nicht irgend eine Weise erdacht werden, in welcher ein einfaches Wesen aufhören kann.
5. Aus demselben Grunde giebt es keine Weise, in welcher ein einfaches Wesen durch den Lauf der Welt entstehen kann, weil jedes nur durch Zusammensetzung gebildet werden kann.
6. Monaden können daher gegenwärtig weder entstehen noch untergehen, sie können nur entstehen durch Schöpfung, sie können nur vergehen durch Vernichtung, während im Gegentheile alles Zusammengesetzte aus Teilen entsteht und in Teile sich auflöst.

Von anderer Seite hat man eine Teilbarkeit bis ins Unendliche gelehrt. Aber diese Lehre ist unwissenschaftlich und führt begrifflich wie sachlich zu den bedenklichsten Widersprüchen. Jedes zusammengesetzte Wesen hat nämlich ein bestimmt wägbares Gewicht, jeder Teil des zusammengesetzten Wesens hat ebenso sein bestimmtes Gewicht, also auch der letzte Teil, in den man das zusammengesetzte Wesen zerlegen kann, hat sein bestimmtes Gewicht. Ist dieser letzte Teil nun ein einfaches Urwesen, und ist jedes endliche Wesen aus einer endlichen Zahl solcher Urwesen zusammengesetzt, so ist es leicht, das Gewicht des einfachen Urwesens zu bestimmen, wenn man die Zahl der Urwesen kennt, welche das zusammengesetzte Wesen zusammensetzen; denn sei a Gramme das Gewicht des zusammengesetzten Wesens, n die Zahl der Urwesen, die es zusammensetzen, so ist das Gewicht des einfachen Urwesens $\frac{a}{n}$ Gramme. Ist dagegen der letzte Teil des zusammengesetzten Wesens selbst stetig aus unendlich vielen, unendlich kleinen Wesen zusammengesetzt, so lässt sich gar nicht ersehen, wie aus den unendlich vielen Gewichten der unendlich kleinen Wesen ein endliches Gewicht des zusammengesetzten Wesens entstehen soll und kommt man sachlich wie begrifflich zu den grössten Widersprüchen. Denn setzt man das Gewicht des unendlich kleinen Wesens gleich einer auch noch so kleinen endlichen Grösse, so wird das Gewicht unendlich vieler solcher Gewichte unendlich gros, was gegen die Erfahrung ist; setzt man aber das Gewicht des unendlich kleinen Wesens gleich Null, so giebt die Summe unendlich vieler Nullen entweder wieder Null oder eine ganz unbestimmte Grösse, da $\infty \times 0$ unendlich viele Werte hat, und ist es gar nicht möglich, dass aus der Zusammenfassung dieser Nullgewichte ein endliches bestimmtes Gewicht, hier a Gramme, hervorgehen soll. Wäre also die Teilbarkeit unendlich,

fo könnten die Wefen im Raume gar kein bestimmtes Gewicht haben, fie wären alfo nicht Größen, welche nur einen und nicht mehr Werte haben dürfen, und könnten daher auch streng wiffenschaftlich gar nicht behandelt und erforscht werden. Alle streng wiffenschaftlichen Männer haben daher die Lehre von der unendlichen Teilbarkeit der Wefen verworfen und letzte, unteilbare, einfache Wefen, die Urwefen oder Monádes gelehrt. Die meiften Gelehrten nennen die Urwefen Atome oder Unteilbare, wenden diefen Begriff aber auf Teilchen an, welche noch vielfach zufammengesetzt und teilbar find; es wird daher klarer fein, wenn wir diefen Namen vermeiden.

Das Ergebniff unferer Forfchung ift alfo Folgendes:

Alle Weltwefen beftehen in ihren letzten Teilen aus einfachen und unteilbaren Urwefen oder Monádes. Jedes diefer Urwefen nimmt nun einen bestimmten Raum in der Weife ein, dass alle anderen Urwefen fo lange von diefem Raume ausgeschlossen find, als es felbst den Raum einnimmt.

Verfuchen wir praktifch die Zufammenfetzung der Wefen zu unterfuchen, fo finden wir, dass die Teilchen den Raum der Wefen nicht immer stetig erfüllen. Viele Wefen laffen leere Räume zwischen ihren Teilchen, welche anderen Wefen den Eintritt zwischen ihren Teilchen geftatten. So befinden fich zunächft bedeutende leere Räume zwischen den Teilchen der Luft. Man kann eine Luftart in eine andere Luftart hineingiefen, gleich als ob der Raum fchlechthin leer wäre; man kann fefte Körper durch die Luft bewegen, ohne bedeutenden Widerftand zu erfahren. Ebenfo giebt es auch im Innern der flüffigen und feften Wefen vielfache leere Räume. Jede Haut, jedes Gewebe von Pflanzen und Tieren hat zunächft Durchgänge oder Poren, durch welche Wasser und Luft durchdringen und die im Wasser aufgelöften Speifen in das Innere der Zellen und Gefäße eindringen. Diefes Gewebe haben alfo zwischen ihren feften Teilen leere Räume, welche andern Wefen den Durchgang geftatten, und zwar befinden fich diefe Räume zwischen den kleinsten Teilchen der Gewebe, welche durch die Sinne gar nicht mehr wahrgenommen werden können. Durch Anwendung bedeutender Vergrößerungen ift es gelungen, Tierchen zu entdecken, deren Länge nur $\frac{1}{100}$ Millim. beträgt; dennoch haben diefelben noch Magen und Gefäße, Zellen und Glieder, deren Dicke $\frac{1}{1000}$ Millim. nicht erreicht; dennoch haben diefe Zellen und Gefäße Wände oder Häute, welche das Innere umgeben und deren Dicke

$\frac{1}{10000}$ Millim. nicht erreicht; dennoch nehmen sie durch diese Wände Flüssigkeit und Nahrungsaft in Zellen und Gefäße auf, d. h. es haben diese Wände noch Durchgänge oder Poren, durch welche der Nahrungsaft eindringt, ohne dass dadurch der Zusammenhang der Wände gestört wird. Die leeren Räume in den Wänden dieser Zellen müssen also zwischen Theilchen stattfinden, welche die Dicke von $\frac{1}{10000}$ Millim. noch nicht erreichen, von denen mithin mehr als eine Billion auf einen Würfelmillim. oder auf einen Nadelskopf kommen. Die leeren Räume befinden sich also zwischen sehr kleinen Theilchen der Wesen.

Aber auch in den festen Körpern, ja selbst in den dichtesten Erzen, wie Gold, giebt es noch leere Räume, in welche Theilchen anderer Wesen eindringen können. Es kommt nur darauf an, Wesen zu finden, welche zu dem Erze Verwandtschaft, d. h. das Bestreben haben, in die leeren Räume des Erzes einzudringen. Das Queck* ist ein solches Wesen, welches Verwandtschaft zum Golde hat. Legt man das Gold in Queck, so dringen die Theilchen des Quecks zwischen die Theilchen des Goldes und beweisen, dass auch in den dichtesten Erzen zwischen den Theilchen noch leere Räume sind, welche anderen Wesen den Eintritt gestatten. Hieraus ergibt sich:

Die Urwesen oder Monádes stehen in jedem zusammengefügten Wesen in endlichen Entfernungen von einander und gestatten anderen Wesen den Eintritt in die Zwischenräume zwischen den Urwesen.

Man kann sich nun jedes zusammengesetzte Wesen zerlegt denken in beliebig viele Teile bis zu den Urwesen hinab. Das Gewicht des zusammengesetzten Wesens ist dann immer gleich der Summe der Gewichte der sämtlichen Teile. Dieser Satz gilt, wie wir bereits oben sahen, für die Wagschale. Er gilt aber auch für den Raum. Denken wir uns zwei gleich schwere Wesen, welche um die Strecke ab von einander entfernt sind, so kann die Summe ihrer Gewichte weder in dem einen, noch in dem andern Wesen liegen, sondern sie

* Unter dem Namen Queck verstehe ich den Stoff, der gewöhnlich Quecksilber genannt wird. Der letztere Name bezeichnet aber eine Art (Species) des Silbers und stammt aus der Zeit, wo man das Queck für eine Art Silber ansah. Der Name ist daher in streng wissenschaftlichen Werken nicht anwendbar. Hier muss der einfache Stoff das Queck genannt werden, wie es in diesem Werke geschehen ist. Das Volk nennt bereits das Amalgamiren eines Erzes mit Queck ein Verquecken.

liegt in der Mitte der Streeke ab, gleich weit von den beiden Wefen entfernt. Man nennt diesen Punkt den Schwerpunkt.

Der Schwerpunkt eines zusammengefezten Wefens ist der Punkt, in welchem man fih das ganze Gewicht dieses Wefens vereinigt denken kann, oder der Schwerpunkt ist der Punkt für die Summe der Gewichte sämmtlicher Teile des Wefens.

Die Statik lehrt den Schwerpunkt des zusammengefezten Wefens auffinden, fie ist die einfachste Anwendung der Ausdehnungslehre. Wir können hier auf dieselbe verweisen. Wenn man die Ausdehnungslehre auf Raum, Zeit und Gewicht anwendet, fo bildet das Gewicht die fünfte Ausdehnung oder Dimenfion, d. h. der Raum allein hat dann 3 Ausdehnungen, die Zeit ist die 4te, das Gewicht die 5te Ausdehnung.

Der Raum, den die zusammengefezten Wefen einnehmen, ist übrigens bei den verschiedenen Wefen sehr ungleich erfüllt. Es giebt Wefen, welche bei geringem Gewichte einen grofen Raum einnehmen, wie z. B. die Luftarten, und es giebt andere Wefen, welche bei geringem Raume ein grofes Gewicht haben, wie die Erze. Es ist für die Wissenschaft von grofer Wichtigkeit, diese Verschiedenheit der Gewichte in Bezug auf den Raum wissenschaftlich festzustellen.

Als Gewichtseinheit legen wir hiebei das Kilogramm, als Raumeinheit das Liter, d. h. den taufendsten Teil eines Würfelmeters zu Grunde, und bemerken, dass ein Liter Wasser von 4⁰ C. Wärme genau ein Kilogramm wiegt. Das Gewicht der Raumeinheit nennen wir demnächst das Raumgewicht.*

Das Raumgewicht ist das Gewicht der Raumeinheit.

Das Raumgewicht des Wassers von 4⁰ C. Wärme ist eins.

Man hat dann die folgenden Sätze:

Das Raumgewicht eines Wefens ist fein Gewicht, geteilt
(dividirt) durch feinen Raum, oder Raumgewicht = $\frac{\text{Gewicht}}{\text{Raum}}$.

* Raumgewicht. Die Phyfiker nennen das Raumgewicht gewöhnlich spezifisches Gewicht oder eigentümliches Gewicht; aber dieser Name ist fehlerhaft und bezeichnet nicht das Eigentümliche des Raumgewichtes. Dies besteht darin, dass das Raumgewicht das Gewicht der Raumeinheit ist, oder dass es das Gewicht des Wefens ist, geteilt (dividirt) durch feinen Raum, und dies fagt der Name Raumgewicht genau aus.

Das Raumgewicht eines Wefens ist sein Gewicht, geteilt (dividirt) durch das Gewicht des Wassers von 4° C., welches denselben Raum einnimmt.

Das Gewicht eines Wefens ist sein Raumgewicht, vielfacht (multiplicirt) mit seinem Raume, oder Gewicht = Raumgewicht \times Raum.

Das Gewicht eines Wefens ist sein Raumgewicht, vielfacht (multiplicirt) mit dem Gewichte des Wassers, welches denselben Raum einnimmt.*

Durch diese Gesetze sind Raum und Gewicht auf einander bezogen und die Eigenschaften der Wefen in Bezug auf Raum und Gewicht wissenschaftlich festgestellt. Die Wefensgesetze sind damit für die Wissenschaft gewonnen.

Anm. Bei den Luftarten nennt man gewöhnlich das Gewicht der Luftart, geteilt (dividirt) durch das Gewicht des gleichen Raumes von Erdluft bei gleichem Wärmegrade und gleichem Drucke das spezifische Gewicht der Luft und legt dabei, wenn nichts bemerkt wird, die Wärme von 0° C. und den Druck einer Luftsäule oder Atmosphäre von $0,76$ Meter Queck zu Grunde. Aber dies ist unwissenschaftlich und verwirrend. In neuerer Zeit nennt man dies Verhältniss wissenschaftlich die Dichte der Luftart d ; auch in diesem Werke wird so verfahren. Das Raumgewicht der Luft r dagegen nennen wir das Gewicht der Luft von 0° und von $0,76$ Queck Druck, geteilt (dividirt) durch den gleichen Raum von Wasser. Für die Erdluft ist das Raumgewicht $r = \frac{1}{773,3} = 0,001293$; für die anderen Luftarten ist $r = 0,001293$ d.

5. Die Bewegungsgesetze oder Beharrungsgesetz, Zeug- und Summengesetz.

Nachdem wir die Gesetze der Wefen im Raume kennen gelernt, so wenden wir uns nun zu den Wirkungen der Wefen in Bezug auf den Raum. Die Veränderung, welche ein Wefen in Bezug auf den Raum erfahren kann, ist die Veränderung des Ortes oder die Bewegung. Die Aufgabe, welche uns vorliegt, ist also die wissenschaftliche Erörterung der Bewegungsgesetze.

Haben wir in der vorhergehenden Nummer die wirklichen Wefen im Raume kennen gelernt, so werden wir in dieser Nummer den wirklichen Raum kennen lernen, der den Platz hergiebt für die Bewegungen der Wefen.

* Von den Erzen hat das Platin $21,25$, Gold $19,3$, Silber $10,5$, Queck $13,5$, Blei $11,4$, Kupfer $8,8$, Eisen $7,6$ Raumgewicht, das Wasser hat 1, die Erdluft (bei 0° C. und 760 mm Druck) $0,0013$, der Wasserstoff $0,0009$ Raumgewicht,

Die Philosophen haben sich den wirklichen Raum in verschiedenster Weise vorgestellt, die einen haben sich ihn vorgestellt als leer, die andern als gänzlich erfüllt von Wesen ohne jede Leerheit. Wir haben oben leeren Raum das genannt, was im Raume keine Wirkung auf Anderes ausübt und keine Wirkung von Anderem empfängt, und wir werden diese Erklärung auch bei der folgenden wissenschaftlichen Untersuchung zu Grunde legen, wo es sich fragt, ob der wirkliche Raum leer ist und nur in einzelnen Raumteilen von wirklichen Wesen erfüllt.

Zunächst ist klar, dass der menschliche Geist sich in der Raumlehre und in der reinen Bewegungslehre den Raum leer vorstellt und notwendig leer vorstellen muss, wenn er streng wissenschaftlich verfahren will. Der Raum in der Raumlehre soll den Platz hergeben für jede beliebige Zeichnung. Jede Linie, welche wir in Gedanken ziehen, geht bis ins Unendliche, der Raum setzt nie und nirgends der Zeichnung ein Hinderniss entgegen, bewirkt nie eine Veränderung der Bewegung, der Raum der Raumlehre ist also leerer Raum. Der Grundsatz, auf welchen die ganze Raumlehre gegründet ist und ohne welchen kein Satz der Raumlehre bewiesen werden kann, ist der, dass der Raum überall sich gleich ist oder dass gleiche Bewegung, an den verschiedensten Teilen des Raumes ausgeführt, immer Gleiches ergibt, d. h. mit andern Worten, dass der Raum der Raumlehre leer ist. Denn wäre der Raum der Raumlehre nicht ein leerer Raum, der auf Anderes keinerlei Wirkungen ausübt und keinerlei Wirkungen von Anderem empfängt, so wäre er ein Raum, der Wirkungen auf Anderes ausübt und von Anderem empfängt, d. h. er wäre ein mit Wesen erfüllter Raum, der auch auf die Bewegungen und Zeichnungen Wirkungen ausübte, und zwar verschiedene in verschiedenen Raumteilen, je nach den Wesen, welche den Raumteil erfüllen, d. h. es gälte kein Gesetz der Raumlehre.

Der Raum der Raumlehre ist also ein leerer Raum.

Untersuchen wir nun den wirklichen Raum, ob er leer ist und nur an einzelnen Orten wirkende Wesen enthält, oder ob er ganz und stetig mit Wesen erfüllt ist.

Stellen wir uns zunächst vor, der wirkliche Raum sei leer, so wird jede Bewegung der wirklichen Wesen frei und ungehindert verlaufen können. Jedes Raumwesen wird in der Bewegung bleiben, in welcher es ist, bis irgend ein anderes Wesen auf seine Bewegung einwirkt und sie ändert, denn der leere Raum kann nichts an der Bewegung ändern, d. h. es gilt dann

a. Das Beharrungsgesetz.

Jedes Raumwesen beharrt in der Bewegung, in welcher es ist. Ist es in Ruhe, so bleibt es in Ruhe; ist es in Bewegung, so bleibt es in Bewegung und zwar in gerader und gleich schneller Bewegung, bis die Einwirkung eines andern Wesens diese Bewegung ändert.

Es folgt dies Gesetz notwendig aus dem Begriffe des leeren Raumes. Der leere Raum kann keine Wirkung auf Anderes hervorbringen, also auch nicht auf die Bewegung. Ist also ein Weltwesen in Bewegung, so giebt es gar nichts im leeren Raume, was die Bewegung ändern könnte, wenn nicht ein anderes Wesen auf die Bewegung einwirkt, und ist gar nicht abzusehen, in welchem Sinne sich die Bewegung ändern sollte. Oder nach welcher Richtung im leeren Raume sollte die Bewegung abweichen, oder wodurch sollte die Schnelligkeit der Bewegung gehemmt oder vermehrt werden, wenn der Raum doch keinerlei Wirkungen ausüben kann?

Ganz anders, wenn der Raum ein von wirkenden Wesen stetig erfüllter ist. Dann kann keine Bewegung der wirklichen Wesen frei und ungehindert vor sich gehen; denn dann muss jedes Wesen, das sich bewegt, alle die Wesen verdrängen, welche den Raum einnehmen, nach welchem sich das Wesen bewegt. Ja mehr als das, da der ganze Raum stetig erfüllt sein soll, so muss jedes Wesen, das sich bewegt, eine unendliche Reihe von Wesen verdrängen und, da es dies nicht kann, so ist dann überhaupt keine Bewegung möglich, jedenfalls gilt dann nicht das Beharrungsgesetz.

Nun beweist aber die Erfahrung, dass das Beharrungsgesetz wirklich gilt. So bleibt auf der Erde die Kugel, so ein Eisenbahnzug in gerader und gleich schneller Bewegung, bis Reibung und Widerstand der Luft die Bewegung hemmen. Noch mehr beweist die Bewegung der Sterne die allgemeine Gültigkeit des Beharrungsgesetzes. Seit Jahrtausenden laufen die Gestirne ihre Bahnen, ohne dass ihre Geschwindigkeit irgendwie zunähme oder abnähme. Schon Newton hat daher vor 1700 die Allgemeingültigkeit des Beharrungsgesetzes gelehrt und streng wissenschaftlich bewiesen, und seit jener Zeit hat kein gründlicher Forscher, der die Gesetze der Bewegung kennt, dies Gesetz, das über jeden Zweifel erhaben ist, bestritten. Die ganze Physik und Mechanik, die ganze Naturwissenschaft mit ihren Anwendungen in Technologie und Gewerken, in Maschinen und Eisenbahnen ist auf dies Gesetz gegründet, welches das sicherste ist in der

ganzen Wissenschaft. Das Beharrungsgefetz gilt alfo streng wissenschaftlich; der wirkliche Raum ist mithin ein leerer. Denn es ist wissenschaftlich ganz dasfelbe, ob wir fagen, es gilt das Beharrungsgefetz, d. h. jeder Körper bleibt im Raume unverändert in der Bewegung, in welcher er ist, fowohl nach Schnelligkeit als nach Richtung, oder ob wir fagen, der Raum übt keinerlei Wirkung auf die Bewegung aus, d. h. er ist ein leerer Raum. Es gilt alfo für den wirklichen Raum das folgende Gefetz:

Der wirkliche Raum ist wie der Raum der Raumlehre ein leerer Raum.

Auser diefem Beharrungsgefetze, welches uns die Eigenschaften des leeren Raumes kennen lehrt, gelten nun für die Bewegungen noch das Zeuggefetz und das Summengefetz, welche fich auf die Gewichte der bewegten Wefen und auf die Mittheilung der Bewegung von einem Wefen auf das andere beziehen.

b. Das Zeuggefetz* der Bewegung.

Wir nennen die Gröfe der Bewegung, welche erforderlich ist, um das Gewicht eins mit der Schnelligkeit eins zu bewegen, eins, dann folgt das Gefetz einfach aus mathematischer Rechnung. Wollen wir nämlich nun m folche Gewichte eins mit der Schnelligkeit eins bewegen, fo gebrauchen wir die Bewegung m. Ebenfo wollen wir ein Wefen von dem Gewichte m mit der Schnelligkeit eins bewegen, fo gebrauchen wir gleichfalls die Bewegung m, da es ganz dasfelbe ist, ob wir m getrennte Wefen von dem Gewichte eins bewegen, oder ob wir ein Wefen von dem Gewichte m bewegen. Andererfeits wollen

* Bei den Gelehrten hat es Anftos erregt, dass ich den Namen „Product“ als undeutsch verwerfe, den Namen „Summe“ aber beibehalte. Ich bemerke deshalb Folgendes. Jedes Fremdwort, welches vom deutschen Volke in der Weife aufgenommen ist, dass es deutsche Form hat, und dass man davon deutsche Beinamen (Adjektiven) bez. Verben bilden kann, hat deutsches Bürgerrecht erlangt und kann stets verwandt werden. So das Fremdwort Summa. Das Wort hat bereits 1475 die Form „Summe“ und ist von demfelben bereits im Mhd. das Verb „summen“, „auffummen“ gebildet. Das Wort hat alfo deutsches Sprachrecht erlangt. Dagegen hat das Fremdwort „Product“ keine deutsche Form, kann auch folche nie gewinnen und hat weder Adjektiven noch Verben in deutscher Form abgeleitet, kann demnach auch nicht in deutscher wissenschaftlicher Sprache verwandt werden. Ich habe für dies Fremdwort in der Formenlehre den deutschen Namen „Zeug“ eingeführt und gerechtfertigt und berufe mich darauf.

wir p mal das Gewicht m mit der Schnelligkeit eins bewegen, so gebrauchen wir jedes einzelne Mal die Bewegung m , also gebrauchen wir für p Male die Bewegung $p \times m$. Ebenso wollen wir einmal das Gewicht m mit der Schnelligkeit p bewegen, so gebrauchen wir die Bewegung $p \times m$; denn es ist ganz dasselbe, ob ich einem Gewichte p mal die Schnelligkeit eins gebe oder ob ich ihm einmal die Schnelligkeit p gebe. Es ergiebt sich hieraus das Zeuggesetz der Bewegung:

Die GröÙe der Bewegung eines Wefens ist gleich dem Zeuge (Producte) aus dem Gewichte und der Schnelligkeit des bewegten Wefens, oder um das m fache Gewicht mit p facher Schnelligkeit zu bewegen, wird die mp fache Bewegung erfordert.

Man kann dies Gesetz sehr leicht auch durch Erfahrung beweifen. Stellt man nämlich eine Wage auf, welche so eingerichtet ist, dass man an jedem Arme des Wagebalkens in jeder beliebigen Entfernung von der Achse beliebige Gewichte anhängen kann und nennt man die Schnelligkeit des Anhängepunktes für die Entfernung eins auch eins, so ist die Schnelligkeit des in der Entfernung p angehängten Gewichtes m gleich p , und die Schnelligkeit des in der Entfernung q angehängten Gewichtes n gleich q und herrscht nur dann Gleichgewicht, oder was dasselbe sagt, es sind die beiden Bewegungen nur dann gleich, wenn $m \times p = n \times q$ ist. Man kann dies Ergebniss auch so ausdrücken:

Wenn die GröÙe der Bewegung unverändert bleibt, so kann man die Schnelligkeit nur vergrößern auf Kosten des Gewichtes, und das Gewicht nur auf Kosten der Schnelligkeit. Die Schnelligkeit des bewegten Wefens ist gleich der GröÙe der Bewegung, geteilt durch das Gewicht.

c. Das Summengesetz der Bewegung.

Denken wir uns ein Wefen, welches auf ein anderes Wefen stößt und diesem die Bewegung a abgiebt, so muss das erste Wefen die Bewegung a verlieren, und das zweite Wefen die Bewegung a erhalten. Die Summe der Bewegungen kann dadurch nicht eine andere werden. Es folgt dies einfach aus dem Begriffe der Bewegung. Wie auch sollte die Bewegung eine andere werden, sollte sie größer oder kleiner werden, und um wieviel, und woher sollte die neue Bewegung kommen, soll aus dem Nichts eine Bewegung plötzlich ent-

stehen können? Und wenn dies, zu welcher Zeit und an welchem Orte sollte dieselbe entstehen? Die Entstehung einer solchen Bewegung aus dem Nichtse ist unmöglich. Das beweist einerseits die streng wissenschaftliche Entwicklung des Begriffes, das beweist andererseits die Erfahrung an den Versuchen über den Stos. Es ergibt sich hieraus das Summengesetz der Bewegung:

Die Summe der Bewegungen wird durch alle Wirkungen der Weltwesen auf einander nicht verändert, sondern bleibt bis in Ewigkeit dieselbe.

Oder mit andern Worten:

Soviel ein Weltwesen einem andern an Bewegung mittheilt, soviel verliert es selbst.

Die Gesetze der Bewegung, welche wir hier aufgestellt haben, sind nichts weiter als einfache Anwendungen der reinen Bewegungslehre auf Wesen mit Gewicht und lassen alle die Entwicklungen zu, welche die reine Bewegungslehre aufweist. Auch hier wie dort kann man die Bewegungen verschiedener Richtungen zusammensetzen und dadurch eine große Zahl höchst lehrreicher Sätze ableiten. Die drei Bewegungsgesetze sind zuerst von dem Engländer Newton um 1700 aufgestellt und heißen nach ihm die drei Newton'schen Bewegungsgesetze.

Anm. Ganz im Gegensatz zu obiger Darstellung hat Alexander Wiessner „Vom Punkt zum Geiste, 1877“ und „Die wesenhafte und absolute Realität des Raumes, ein Beitrag zur Erkenntnislehre und eine Friedensbotschaft an die Menschheit, Leipzig 1877“ das absolute Erfüllsein des Raumes behauptet und jeden leeren Raum geleugnet. Nach Wiessner ist der Raum die Einheit des Weltalls, Raum und Geist ist dasselbe, der Raum ist der vielgesuchte unbewegte Bewegte, ist Gott. Man sieht, der Verfasser macht die gewaltigsten Gedankensprünge, die willkürlichsten Phantasien und giebt diese für Philosophie aus. Ihm fehlt es nicht an Geist, im Gegentheil er hat geistige Gewandtheit und zum Theile Schlagfertigkeit. Was ihm aber gänzlich abgeht, das ist wissenschaftliche Nüchternheit. Ihm fällt es nie ein, die Erfahrung der Naturwissenschaft zu befragen und seine Gedanken durch mathematische Rechnung zu prüfen. Ihm erscheint dies zu philisterhaft und so ergiebt er sich lieber in Phrasen und hochklingenden Behauptungen, welche jeder Begründung und jedes wissenschaftlichen Wertes entbehren. Das Buch ist ein trauriger Belag, wie weit auch heute noch die Verirrungen bei manchen Philosophen gehen, und dass es vielen unserer Zeitgenossen auch heute noch viel bequemer ist, ihre subjektiven Phantasien in Brillantlicht auszunutzen, als mühsam die objektiven Gesetze der Welt zu erforschen, und mit Entfugung alles subjektiven Beliebens die Wahrheit zu ergründen.

6. Die Kraftgesetze oder Nugesetz, Entfernungsgesetz, Wirkungsgesetz und Beziehungsgesetz.

Nachdem wir in den vorhergehenden Nummern die Raumwesen und ihre Bewegungen kennen gelernt haben, wenden wir uns in dieser Nummer zu den Beziehungen der Wesen, durch welche sie auf einander wirken. Das eine Wesen ruft durch seine Einwirkung auf das andere Wesen eine Bewegung des letzteren hervor, die Ursache dieser Bewegung, deren Sitz in dem ersten Wesen ist, nennt man eine Kraft.

Kraft heist die Wirkung, welche ein Wesen auf ein anderes ausübt, sie hat ihren Sitz in dem wirkenden Wesen und ist die Ursache für die Bewegung des andern Wesens. Die Bewegung ist die Folge der Kraft. Die GröÙe der Kraft ist der GröÙe der Bewegung gleich.

Unsere Aufgabe wird es sein, in dieser Nummer die Kraftgesetze wissenschaftlich festzustellen. Um dies zu können, betrachten wir die Beziehungen, in denen die Weltwesen zu einander stehen können und wenden uns zunächst zu den Beziehungen der Wesen in der Ferne. In neuester Zeit ist eine Anzahl von Männern aufgetreten, welche jede Wirkung in die Ferne leugnen und die Wirkungen in die Ferne auf andere Weise zu erklären versuchen, aber alle diese Versuche entbehren der Wissenschaftlichkeit, finden in der Anmerkung ihre eingehende Widerlegung und beweisen nur, dass es den Urhebern dieser Erklärungen an jeder wissenschaftlichen Schärfe und Klarheit fehlt. Alle diese Versuche sind durchweg unreif, voller Widersprüche und Fehler und für die Wissenschaft schlechthin wertlos. Wir lassen dieselben daher im Texte ganz unberücksichtigt und wenden uns unmittelbar zu den Erfahrungen und Erklärungen der strengen Wissenschaft.

1. Die Beziehungen der Wesen in der Ferne.

Die erste Frage ist die, ob zwei Wesen auf einander auch in der Ferne einwirken können, auch wenn sie sich nicht berühren. Die Wissenschaft bejaht diese Frage.

Gehen wir zunächst von den Begriffen des Wesens und des leeren Raumes aus, so ist klar, dass es eine Wirkung in die Ferne geben muss. Wesen haben wir das genannt, was Wirkungen auf Anderes, also auf andere Wesen ausübt und Wirkungen von anderen Wesen empfängt. Leeren Raum haben wir das genannt, was keine

Wirkungen auf Anderes ausüben oder von Anderem empfangen kann. Denken wir uns nun zwei Wesen, welche sich berühren, so werden sie auf einander einwirken, sei es, dass sie sich anziehen oder abstosen. Wenn sich nun diese Wesen von einander entfernen, so kann die Anziehung der Wesen bez. ihre Abstosung nicht aufhören. Denn angenommen, sie hörte auf, so hätte der leere Raum also Wirkungen auf Anderes ausgeübt, indem er die Anziehung bez. die Abstosung vernichtet hätte, der leere Raum wäre also nicht leerer Raum, und andererseits hätten auch die Wesen aufgehört zu sein, denn wenn die Anziehung bez. die Einwirkung auf das andere Wesen bei der Entfernung aufhörte, so wirkte nicht mehr das eine Wesen auf das andere ein, das Wesen wäre also gar kein Wesen mehr und gäbe es überhaupt darnach keine Wesen. Die Erklärungen, welche wir vom Wesen und vom leeren Raume aufgestellt haben, schliesen also die Wirkung in die Ferne als selbstverständlich ein.

Ebenso wird die Wirkung in die Ferne auch durch die Erfahrung bewiesen. Die Erde zieht auch die Steine an, welche sie nicht berühren, sondern frei in die Luft geworfen sind. Die Erde zieht ebenso den Mond an, und zwingt ihn, sich um die Erde zu bewegen, obwohl der Mond weit von der Erde entfernt ist. Die Sonne zieht in gleicher Weise die Planeten und namentlich die Erde an, und lässt sie um sich kreisen. Die Weltwesen wirken also auch in der Ferne auf einander.

Daselbe ergibt sich auch, wenn wir die einwirkenden Wesen betrachten. Bei der Erde, welche die Körper anzieht, zieht nicht blos derjenige Teil der Erde an, welcher in nächster Nähe des Körpers ist, sondern es ziehen sämtliche Teile der Erde an. Man kann alle diese Teile der Erde sich in dem Schwerpunkte der Erde vereinigt denken. Dann zieht das ganze Gewicht der Erde, vom Schwerpunkte der Erde aus, den Körper an. Die Entfernung des Schwerpunktes der Erde von der Oberfläche derselben ist nun 6'372'400 Meter, aus solcher Entfernung also wirken beispielsweise die Teile der Erde auf einen Körper, den sie an der Oberfläche der Erde anziehen.

Der französische Ingenieur Coulomb hat um 1800 eine Drehwage* hergestellt, mit welcher man sehr kleine Einwirkungen messen kann.

* Die Drehwage ist auf das Gesetz gegründet, dass bei elastischen Drähten der Widerstand, den sie leisten, wenn sie, an einem Ende befestigt, an andern gedreht werden, dem Winkel proportional ist, um welchen der Draht gedreht wird. Die Drehwage besteht aus einem feinen Metalldrahte, der in

Mit dieser Wage kann man nun genau die Einwirkung messen, welche ein Wesen von bekanntem Gewichte auf ein anderes Wesen von bekanntem Gewichte in bestimmter Entfernung ausübt. Durch diese Wage ist es wissenschaftlich bewiesen, dass jedes Wesen auch in der Entfernung Wirkungen auf andere Wesen ausübt.

Die zweite Frage ist die, ob und wieviel Zeit erfordert wird, damit das eine Wesen auf das andere Wesen in bestimmter Entfernung einwirke. Die Erfahrung lehrt und die wissenschaftliche Betrachtung beweist, dass die Einwirkung eines Wesens auf das andere ohne jede Zeitdauer in einem Zeitpunkte oder Nu* geschieht. In der That gebrauchte die Einwirkung eine gewisse Zeitdauer, um bis zu dem andern Wesen zu gelangen, so wirkte das erste Wesen noch gar nicht auf das zweite im Nu, wo die Einwirkung abginge, wäre also nicht ein Wesen, sondern ein leerer Raum. In der Zwischenzeit zwischen Abgang und Ankunft wäre die Einwirkung weder im ersten noch im zweiten Wesen, sondern auf dem Wege im leeren Raume. Da aber der leere Raum nicht einwirkt und nicht Einwirkungen empfängt, so gäbe es überhaupt keinen leeren Raum, kurz alle Feststellungen der Physik fielen über den Haufen. Geschieht aber die Einwirkung der einfachen Wesen durch die Kräfte ohne jede Zeitdauer im Nu, so ist jedes einfache Wesen jedem einfachen Wesen stets gegenwärtig, oder mit andern Worten, so ist jedes Wesen allgegenwärtig und ist hierin ein Ebenbild Gottes, dass es seiner Wirkksamkeit nach allgegenwärtig ist.

einer gläsernen Röhre hängt und ein wagerechtes Stäbchen trägt, in dessen Höhe an der Wand der Röhre eine Kreiseinteilung angebracht ist, die zur Messung der Ablenkung des Stäbchens dient. Der Draht ist oben in einem beweglichen Zapfen befestigt, so dass er sich in jede beliebige Lage bringen lässt. Am Zapfen ist ein Zeiger befindlich, der an einer Kreiseinteilung anliegt, welche Drehungskraft anzuwenden ist, wenn das Stäbchen in einer gewissen Lage erhalten werden soll. Bringt man das Stäbchen nun auf den Nullpunkt der Teilung und lässt eine abstosende Kraft darauf wirken, so wird eine der Kraft entsprechende Ablenkung des Stäbchens erfolgen. Durch Drehung des Zapfens kann man dann daselbe wieder seinem Nullpunkt nähern und aus der angewandten Drehungskraft berechnen, in welchem Mas die abstosende Kraft wirksam gewesen ist.

* Nu f. ist ein uraltes Wort, sskr. nu, nū, gr. ný (lat. in nū-dius, es ist nun der Tag), goth. nu, ahd. nu, nun, die jetzige Zeit. Dann als Dingname das Nu, mhd. nū, z. B. in einem Nu, bezeichnet es den kleinsten Zeiteil. Ich führe diesen Dingnamen daher für den Zeitpunkt ohne jede Zeitdauer ein.

Betrachtet man freilich die Wesen auf der Erde, so tritt die Notwendigkeit dieser Forderung nicht vor die Augen, die Entfernung ist dazu zu klein. Anders, wenn man in die Himmelsräume aufsteigt. Das Licht hat bekanntlich die schnellste Bewegung, es durchläuft in einer Sekunde eine Entfernung von etwa 300 Millionen Metern, in einem Jahre demnach 9467 Billionen Meter, dennoch gebraucht es von vielen Sternen Tausende, ja Millionen von Jahren, ehe es zur Erde gelangt. Wenn nun die einwirkende Kraft auch eine Zeit gebrauchte, um in der Ferne zu wirken, so würde z. B. der anziehende Stern gar nicht mehr dort sein, wohin die Anziehungskraft den angezogenen Körper zöge, und wäre es gar nicht mehr der Stern, der ihn zöge; sondern die Anziehungskraft, welche ihn zöge, schwebte im leeren Raume ohne ein Wesen, zu dem sie gehörte. Eine solche Annahme ist wissenschaftlich ganz unmöglich. Die Erfahrung und die Rechnung bestätigt denn auch, dass jede Wirkung stets in einem Zeitpunkte oder Nu erfolgt.

Je zwei Weltwesen wirken auf einander ein, die Einwirkung erfolgt ohne jede Zeitdauer in einem Zeitpunkte oder Nu bis in die weitesten Fernen.

2. Die Abnahme der wirkenden Kraft mit der Ferne.

Jedes Weltwesen wirkt also auf ein entferntes zweites Wesen durch den leeren Raum hindurch. Der leere Raum ist aber das, was keine Wirkung ausübt und keine empfängt; er kann also auch die Wirkung eines Weltwesens auf ein anderes nicht ändern; diese Wirkung muss vielmehr, auf den ganzen Raum bezogen, für alle Entfernungen dieselbe bleiben. Könnte der leere Raum die Kraft verändern, so wäre er nicht mehr leerer Raum, sondern wirkliches, wirkendes Wesen. Die Fähigkeit der Einwirkung jedes Weltwesens muss also, auf den ganzen Raum bezogen, für jede Entfernung die gleiche bleiben. Dies folgt aus der Beschaffenheit des leeren Raumes ebenso sicher, wie zweimal zwei vier ist; denn der leere Raum kann als solcher Nichts, gar Nichts ändern. Wer dies bestreitet, der legt dem leeren Raume magische, zauberhafte Kräfte bei, macht aus ihm ein wirkendes Wesen, das aber nicht mehr einfach, nicht mehr in einem einfachen Raumteile ist und auf andere Wesen in endlicher Zahl wirkt, sondern macht aus ihm ein unendliches, stetiges, in unendliche Teile zerlegbares, unbegreifliches Wesen, das Niemand verstehen oder in Berechnung ziehen kann und, wie wir später bei Betrachtung der

Annahme von stetig ausgedehnten Wesen noch weiter sehen werden, zu den bedenklichsten Widersprüchen führen muss. Einen Raum annehmen, der die Fähigkeit besitzt, die Einwirkung eines Weltwesens je nach dem Raume, auf den es wirkt, abzuändern, heist also dem Aberglauben und der Willkür Thor und Thür öffnen und die wissenschaftliche Physik zu Grabe tragen. Wir bezeichnen solche Annahme als die schlechtthin unwissenschaftliche, jedes Wissen unmöglich machende. Es gilt also das einfache Gesetz:

Die Fähigkeit der Einwirkung jedes Weltwesens bleibt, auf den ganzen Raum bezogen, für jede beliebige Entfernung unabänderlich dieselbe.

Der Raum nimmt aber mit der Entfernung zu, wie die Oberfläche einer Kugel, für welche die Entfernung der Halbmesser ist, d. h. er nimmt zu wie das Quader der Entfernung; in der doppelten Entfernung ist er 2×2 oder 4mal so gros, in der dreifachen 3×3 oder 9mal so gros. In der dreifachen Entfernung enthält der Raum also 9mal soviel gleiche Raunteile, auf welche sich die Wirkung verteilt, als in der einfachen. Da nun die Wirkung im Ganzen für alle Entfernungen dieselbe bleibt, da der leere Raum die Wirkung für grössere Entfernungen ebenso wenig vermehren kann, als er sie vermindern kann, so kommt in der 3fachen Entfernung auf jedes gleiche Raunteilchen nur $\frac{1}{9}$ der Wirkung, wie in der einfachen Entfernung, oder die Einwirkung eines einfachen Weltwesens auf ein anderes einfaches Weltwesen nimmt ab, wie das Quader der Entfernung zunimmt.

Dies Gesetz wird denn auch an der Coulomb'schen Drehwage für kleine Weltwesen, an den Bewegungen der Gesteine für grosse Weltwesen für die verschiedensten Entfernungen durch die Erfahrung bestätigt. Schon um 1618 hatte der Deutsche Kepler die Gesetze der Himmelsbewegungen entdeckt und bewiesen, dass bei den Planeten sich die Quader der Umlaufzeiten verhalten, wie die Würfel ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. Hieraus bewies Newton 1666, dass die Anziehung der Sonne abnehmen müsse wie das Quader der Entfernung. Er versuchte nun, dies Gesetz auf den Mond anzuwenden. Newton folgerte, dass, wenn die Körper an der Oberfläche der Erde von der Erde angezogen werden und z. B. ein Apfel, vom Baume gelöst, nicht in dem Zustande beharrt, in welchem er ist, sondern zur Erde fällt, dass dann auch die ferneren Körper von der Erde angezogen werden und nach der Erde zu fallen müssen, und dass dies also namentlich auch für den Mond Geltung haben müsse. Die ganze Masse der Erde

kann man sich, so schloss er weiter, in dem Schwerpunkte der Erde vereinigt denken, nach dem ja alle Körper hinfallen. Der Schwerpunkt der Erde ist also der anziehende Punkt, der Schwerpunkt des Mondes der angezogene. Von diesen Gedanken ausgehend, versuchte Newton nun den Umlauf des Mondes aus der bekannten Fallrute der Körper auf der Oberfläche der Erde, d. h. aus dem Raume, den die Körper auf der Erde in einer Sekunde fallen, und aus den damals bekannten Entfernungen der Oberfläche der Erde, sowie des Schwerpunktes des Mondes vom Schwerpunkte der Erde zu berechnen. Newton nahm aber mit den Geographen und Seefahrern seines Landes die Entfernung der Oberfläche der Erde vom Schwerpunkte derselben um $\frac{1}{7}$ zu klein an und erhielt daher auch in der Rechnung den Fall des Mondes zu klein. Diese Abweichung der Rechnung von der Beobachtung machte Newton stutzig, er legte die Rechnung bei Seite. Aber als er im Jahre 1682 in London einer Sitzung der Societät beiwohnte, ward er mit der neuen Gradmessung Picard's bekannt, nahm sofort eine Abschrift des neuen Ergebnisses, wiederholte damit seine Rechnung und konnte vor Freuden, da er seine Vermutung nun bestätigt fand, seine Rechnung nicht zu Ende führen, so dass ein Freund sie vollendete. Er wandte nun die Rechnung auf alle Sterne des Sonnenreiches an und fand das Gesetz überall bestätigt. Seit Newton ist daselbe Gesetz auch für die ferneren Sterne im Reiche der Milchstrase bewiesen. Daselbe lautet:

Die Wirkung eines einfachen Weltweffens auf ein anderes nimmt ab, wie das Quader* der Entfernung zunimmt, oder sie verhält sich umgekehrt wie das Quader der Entfernung. Sei die Kraft in der Entfernung l gleich a , so ist sie in der Entfernung r gleich $\frac{a}{r^2}$.

* Quader, mhd. quâder, ist die deutsche Form des aus dem Lat. entlehnten quadrus, viereckig, und bezeichnet ein Viereck mit 4 gleichen Seiten. Das Wort hat deutsches Sprachrecht erworben und bildet Ableitungen, wie Quaderstein, gequadrat. Das Wort stammt aus dem uralten Zahlwort kratvar, sskr. catvar, gr. téttar-es, lat. quatuor, goth. fidvor, vier, und bezeichnet ein Viereck, dann besonders ein rechtwinkliges Viereck mit vier gleichen Seiten. Diese deutsche Form des Wortes muss auch in streng wissenschaftliche Werke als die im Deutschen allein berechnete eingeführt werden. Die ausländische Form Quadratum ist daneben unberechtigt.

Das Gesetz ist ein allgemeines für jede Kraft jedes einfachen Wesens. Es kann gar keine Kraft geben, welche für gleiche Raunteile nach einem andern Gesetze mit der Entfernung abnähme. Denn die Kraft jedes einfachen Wesens hat immer nur ihren Sitz in dem wirkenden Wesen, ausserhalb des Wesens im leeren Raume kann sich diese Wirkung nicht mehr ändern, sondern muss schlechthin notwendig, auf den ganzen Raum bezogen, für jede Entfernung dieselbe bleiben. Da aber der Raum zunimmt wie die Oberfläche einer Kugel, d. h. wie das Quader der Entfernung, so muss ebenso notwendig die Wirkung, auf gleiche Raunteile bezogen, abnehmen, wie das Quader der Entfernung zunimmt. Denn bliebe die Wirkung auch für gleich grosse Raunteile dieselbe, so müsste, da der Raum in der dreifachen Entfernung neunmal so gros wird, als in der einfachen, die Wirkung, auf den ganzen Raum bezogen, in der dreifachen Entfernung auch neunmal so gros werden, als in der einfachen. Dies aber ist im leeren Raume schlechthin unmöglich, das obige Gesetz gilt also ganz allgemein für alle einfachen Kräfte. Wir werden späterhin Kräfte kennen lernen, welche sich verhalten umgekehrt, wie eine höhere Höhe (Potenz) der Entfernung; aber diese Kräfte sind dann notwendig zusammengesetzte Kräfte, welche aus den einfachen Kräften verschiedener Wesen zusammengesetzt sind und in einfache Kräfte zerlegt werden müssen. Jede einfache Kraft, durch welche ein einfaches Wesen auf ein anderes einfaches Wesen einwirkt, muss dagegen schlechthin notwendig so abnehmen, wie der Raum mit der Ferne zunimmt, d. h. wie das Quader der Entfernung zunimmt.

Jeder Physiker, welcher eine einfache Kraft annimmt, welche nach anderem Gesetze mit der Ferne abnehmen soll, macht sich einer groben Unwissenschaftlichkeit schuldig, indem er dem leeren Raume, der schlechthin wirkungslos ist, Wirkungen beilegt, welche dieser nicht hat und nicht haben kann. (Vergl. die Anm. 2.)

3. Der Einfluss der Gewichte auf die wirkende Kraft.

Das Gewicht der Weltwesen ist ferner von dem grössten Einflusse auf die Wirkung oder auf die Grösse der erzeugten Bewegung. Sei nämlich die Grösse der Bewegung, welche ein Wesen vom Gewichte eins auf ein anderes Wesen vom Gewichte eins in der Entfernung eins bewirkt, gleichfalls eins. Und seien m Wesen erster Art und p Wesen zweiter Art, jedes vom Gewichte eins und in der Entfernung eins, so müssen alle m Wesen erster Art gleich stark auf jedes Wesen zweiter

Art einwirken, oder mit andern Worten, das einfache Gewicht bringt die einfache Wirkung hervor als das einfache Wesen in derselben Entfernung. Ebenso müssen alle p Wesen zweiter Art von jedem Wesen erster Art gleich starke Einwirkung empfangen, oder mit andern Worten, das p fache Gewicht empfängt in gleicher Entfernung die p fache Einwirkung als das einfache. Da nun das einfache Gewicht auf das einfache Gewicht einfach einwirkt, so ist die Wirkung des einfachen Gewichtes auf das p fache Gewicht, das p fache der Wirkung des einfachen Gewichtes auf das einfache Gewicht, oder allgemein die Einwirkung ist in gleicher Entfernung das Zeug oder Product aus den Gewichten der auf einander einwirkenden Weltwesen.

Fassen wir hiernach das Ergebniss unsrer Entwicklung zusammen so erhalten wir das folgende Gesetz:

Je zwei Weltwesen wirken gegenseitig auf einander ein und zwar geschieht die Einwirkung ohne Zeitdauer in einem Nu bis in die weitesten Fernen. Die Einwirkungen der einfachen Wesen gleicher Art auf andere Wesen gleicher Art verhalten sich wie die Zeuge (Producte) aus den Gewichten der auf einander wirkenden Weltwesen, geteilt durch das Quader der Entfernung.

Es ist dies Gesetz ein ganz allgemeines und von allen Physikern anerkanntes, dem also volle wissenschaftliche Geltung zukommt.

Den leeren Raumpunkt kann man als ein Raumwesen auffassen, dessen Gewicht Null ist, dann ist die gegenseitige Einwirkung eines Raumwesens vom Gewichte m mit diesem leeren Raumpunkte nach obigem Gesetze das Zeug oder Product aus beiden Gewichten, d. h. $m \cdot 0 = 0$. Die Einwirkung auf den leeren Raumpunkt ist also Null, weil sein Gewicht Null ist, immer aber wirkt jedes einfache Wesen auf jeden Punkt des Raumes ein, wo er auch sei, wenn er nur ein Gewicht hat. Die Wirkksamkeit jedes einfachen Raumwesens ist also immer der Fähigkeit (*héxis*), dem Vermögen (*dýnamis*) nach allgegenwärtig, in Tätigkeit (*enérgeia*) aber gelangt sie nur, wenn ein zweites Raumwesen da ist, auf welches sie sich bezieht.

4. Die Wirkung in der verbindenden Linie.

Um die Beziehungen der Wesen begrifflich ganz scharf auffassen zu können, müssen wir schlieslich auf die einfachen Urwesen (*monádes*) zurückgehen.

Zwischen je zwei einfachen Wesen kann in einem einfachen Zeitpunkte auch nur eine einfache Beziehung stattfinden, dies liegt schon im Begriffe der Einfachheit. Denn herrschte eine mehrfache Beziehung, so könnte man diese in mehr einfache Beziehungen zerlegen. Jede dieser einfachen Beziehungen wäre dann die Wirkung eines bestimmten Theiles des einen Wesens auf das andere. Man müsste also das eine Wesen in sovielen einfachen Teile zerlegen können, als die mehrfache Beziehung einfache Beziehungen enthielte. Das eine Wesen hätte also mehr einfache Teile, wäre mithin nicht mehr einfach, sondern teilbar und aus einfachen Teilen zusammengesetzt, was gegen die Annahme war. Dagegen kann jedes einfache Weltwesen zu jedem andern einfachen Wesen auch eine andere einfache Beziehung haben und hat sie. Die Einfachheit des Wesens wird dadurch nicht aufgehoben, wenn nur zwischen je zwei einfachen Wesen eine einfache Beziehung bleibt. Alles dies folgt notwendig aus dem Begriffe eines einfachen Wesens. Ganz dasselbe ergibt sich aber auch, wenn man die Sache vom physischen Standpunkte aus betrachtet. Denn herrschen zugleich zwischen denselben beiden einfachen Weltwesen zwei Beziehungen, z. B. die Anziehung a und die Anziehung b, so kann man, da sie beide für die verschiedenen Entfernungen demselben Gesetze unterliegen, beide einfach zufügen, oder wenn eine derselben eine Abstosungskraft ist, diese von der andern abziehen, und hat dann nur eine einfache Beziehung.

Die Beziehung zweier einfacher Weltwesen besteht übrigens, wie wir sahen, in ihrer gegenseitigen Einwirkung, welche eine Bewegung der beiden Wesen hervorbringt.

Die Bewegung, welche das eine einfache Weltwesen auf das andere ausübt, kann ferner nur in der geraden Linie stattfinden, welche durch die beiden Punkte der Wesen geht; denn, da der leere Raum keine Einwirkungen auf die Wesen ausübt, so kann keine Veranlassung vorliegen, weshalb die Wesen nach irgend einer Richtung ausweichen sollten, vielmehr sind alle Richtungen ausser der verbindenden Linie zwischen den beiden Wesen gleich berechtigt oder gleich unberechtigt, und lässt sich gar nicht angeben, weshalb die beiden Weltwesen aus dieser geraden Linie heraus und nach welcher Richtung sie ausweichen sollten. Die Bewegung der beiden Weltwesen, welche durch die gegenseitige Einwirkung dieser Wesen hervorgerufen wird, verläuft also in der geraden Linie, welche durch diese Weltwesen hindurchgeht.

Nach dem SummenGesetze der Bewegungen ist aber die Summe dieser durch die gegenseitige Einwirkung hervorgerufenen Bewegungen

Null. Die Bewegungen der beiden Weltwesen müssen also entgegengesetzte Richtungen in der geraden Linie haben, d. h. wenn das eine sich dem andern nähert, muss sich auch das andere dem ersten nähern und wenn das eine dem andern ferner rückt, muss auch das andere dem ersten ferner rücken und müssen beide Bewegungen gleich groß sein. Man nennt die Kraft, wenn sich beide Weltwesen einander nähern, eine Anziehungskraft, wenn sich beide Weltwesen von einander entfernen, Abstosungskraft.

Alle diese Sätze folgen ganz allgemein und notwendig aus dem Begriffe des einfachen Wesens und aus den bewiesenen früheren Gesetzen. Sie alle sind für die Massewesen durch die besten und zahlreichsten Beobachtungen und Versuche nachgewiesen und in der Weltwissenschaft allgemein anerkannt. Das Gesetz, welches sich daraus ergibt, ist folgendes:

Zwischen je zwei einfachen Weltwesen findet in jedem Zeitpunkte eine, aber auch nur eine einfache Beziehung statt. Diese besteht in einer Bewegung der beiden Wesen auf der sie verbindenden geraden Linie und zwar entweder in gegenseitiger Näherung, der Anziehung, oder in gegenseitiger Fernerung der beiden Wesen, der Abstosung, und sind die Bewegungen der beiden Wesen gleich groß.*

In Formel ausgedrückt lautet das Gesetz: Sei a die Größe der Bewegung für die einfachen Gewichte und für die Entfernung eins, so ist für die wirkenden Gewichte g und m und für die Entfernung r die Bewegung des einen Wesens

$$+ \frac{g \, m \, a}{r^2}$$

die des andern Wesens

$$- \frac{g \, m \, a}{r^2}$$

die Summe der beiden Bewegungen

$$+ \frac{g \, m \, a}{r^2} - \frac{g \, m \, a}{r^2} = 0.$$

* Fernerung. Der Ausdruck musste neu gebildet werden. Gewöhnlich sagt man dafür fehlerhaft Entfernung. Der Name Entfernung bezeichnet aber bereits den Abstand zweier Wesen von einander (z. B. die Entfernung der Erde von der Sonne beträgt 148670 Millionen Meter); er kann also nicht gleichzeitig das Fernerrücken der beiden Wesen von einander bezeichnen, sondern muss hiefür ein anderer Ausdruck „Fernerung“ gewählt werden, wenn man streng wissenschaftlich verfahren will.

Ob die Kraft, welche ein Wesen auf ein anderes ausübt, Anziehungskraft oder Abstosungskraft ist, ob die Kraft gros oder klein ist, das hängt von dem zweiten Wesen und von seiner Beziehung zum ersten Wesen ab. Der leere Raum, dessen Gewicht Null ist, wird weder angezogen noch abgestossen, denn $\frac{g m^a}{r^3}$ wird bei ihm Null, da m Null ist. Daselbe Wesen zieht ferner die einen Wesen an, die andern stösst es ab, z. B. bei den elektrischen Wesen stösst das $+E$ ein zweites $+E$ ab und zieht das $-E$ an. Ein Körper, der die $+E$ anzieht, stösst die $-E$ ab. Die Kraft ist also in dem ersten Wesen nicht etwas diesem Wesen Anhaftendes; denken wir uns dies Wesen allein ohne ein zweites Wesen, so hat es gar keine Kraft und gar keine Wirkung. Die Kraft entsteht erst durch die Beziehung auf ein anderes Wesen, ist nichts anderes als diese Beziehung und wird allein durch diese Beziehung in Grösse, Richtung und Art der Wirkung bestimmt. Jedes einfache Wesen hat demnach auch nicht etwa nur eine Kraft, sondern soviel Kräfte, als es Beziehungen zu anderen Wesen, d. h. als es andere Wesen giebt. Ebenso empfängt jedes Wesen nicht etwa nur eine Einwirkung von Kräften, sondern es empfängt soviel Einwirkungen, als es andere Wesen giebt, welche mit jenem Wesen in Beziehung stehen. Wie jede Beziehung gegenseitig ist, so auch jede Kraft. Die Summe der Einwirkungen, welche zwei Weltwesen auf einander ausüben, bleibt stets Null. Die Einfachheit des einfachen Wesens besteht darin, dass es zu jedem einfachen Wesen nur eine einfache gegenseitige Beziehung hat, welche in der geraden Linie wirkt, welche durch die beiden einfachen Wesen gelegt ist.

Ann. 1. Die Leugner der Wirkung in die Ferne.

In neuester Zeit haben mehre Physiker die Wirkungen in die Ferne (*actio in distans*) geleugnet und behauptet, dass die Wirkung in die Ferne über das Fassungsvermögen des menschlichen Geistes (*supra captum*) hinausgehe.

Sie berufen sich dabei auf einen alten Satz der Scholastiker, welcher lautet: Ein Körper kann dort nicht wirken, wo er nicht ist (*corpus ibi agere non potest, ubi non est*), dabei bemerken sie aber nicht, dass sie selbst diesen Satz vielfach durchbrechen und bestreiten und dass dieser Satz überhaupt eine Albernheit ist. Die Sonne ist nicht auf der Erde, also soll sie nach den Scholastikern auf der Erde auch z. B. durch das Licht nicht wirken können. Der eine Mensch ist mit seinem Körper nicht an dem Orte, wo ein anderer Mensch ist, also soll er nicht auf den anderen einwirken können. Allgemein: Jeder Körper, auch der letzte Teil, das Urtheilchen oder Atomon, nimmt seinen Raum ausschliesslich ein, jeder Körper ist also nicht an dem Orte, wo ein anderer Körper ist, nach dem scholastischen Satze kann er also überhaupt nicht auf

einen anderen Körper einwirken. Der scholastische Satz ist also eine Albernheit und sollte billig von wissenschaftlich gebildeten Männern nicht mehr erwähnt, jedenfalls nicht als Grundsatz aufgestellt werden.*

Aber die neuesten Leugner der Wirkung in die Ferne gestalten nun den Satz der Scholastiker etwas anders. Sie leugnen jede Einwirkung der Wesen auf einander in der Ferne, und wollen das eine Wesen auf das andere nur bei unmittelbarer Berührung der Wesen durch Druck oder Stos wirken lassen. Sie legen daher den Wesen eine räumliche Gröse bei, behaupten, dass sie diesen Raum ausschliesslich einnehmen und für andere Wesen undurchdringlich seien, und legen ihnen ausserdem Bewegung bei, durch welche sie auf einander stossen und Bewegung mittheilen können. Ausserdem unterscheiden sie Körper und Ether und führen alle Bewegungen oder Wirkungen, welche sie sonst nicht erklären können, auf den Stos zurück, welchen der Ether, dessen Masse und dessen Schnelligkeit unbekannt ist, auf die Körper ausüben soll. Die Herren machen also zahlreiche Hypothesen ohne jeden Beweis und verstecken sich hinter das Unbekannte, um ganz einfache Vorgänge zu erklären. Sie sind sich selbst aber dabei ganz unklar und bemerken gar nicht die Widersprüche und Schwierigkeiten, welche ihre eigenen Erklärungsweisen enthalten. Die Wesen sind nach ihnen ausgedehnt und haben eine bestimmte räumliche Gröse, sonst könnten sie sich ja auch nicht drücken oder stossen. Sie lassen nach dieser Lehre kein anderes Wesen in ihren Raum eindringen, sie sind undurchdringlich. So wie also ein Wesen an die Grenze des anderen kommt, wird es nach dieser Hypothese abgestossen, so dass es nicht eindringen kann. Vor der Berührung der Grenze wirkte nach diesen Herren das eine Wesen auf das andere gar nicht ein. An der Grenze entsteht plötzlich durch die Berührung eine Abstosungskraft aus dem Nichts und verschwindet ebenso plötzlich, sobald die Berührung aufhört. Aus dem innern Raume, aus den innern Theilchen des Wesens soll diese Kraft auch nicht stammen, denn sonst wirkte ja die Kraft in die Ferne, was sie leugnen. Die Abstosungskraft soll also bei Kugeln an dem Berührungspunkte und nur an diesem plötzlich entstehen und wieder vergehen. Nach den Gesetzen der Wesen aber entsteht nie eine Kraft und vergeht nie eine Kraft, nach diesen Herren dagegen entstehen die Kräfte und vergehen dieselben in unzähligen Fällen. Nach den Gesetzen der Wesen kann die ganze Welt nie eine neue Kraft hervorbringen, oder vernichten; diese Herren dagegen zaubern beliebig viele Kräfte nach ihrem Belieben hervor und vernichten sie ebenso wieder. Berühren sich die Wesen nicht, so sollen sie nach diesen Herren auch keine

* Man muss eben bei jedem Wesen den Ort des Wesens unterscheiden, wo es seiner Wesenheit, seinem Gewichte nach ist, und den Raum seiner Wirkksamkeit, wieweit seine Wirkksamkeit sich ausdehnt. Seiner Wesenheit nach ist es in einem kleinsten Raunteilchen, aus welchem es alle anderen Wesen ausschliesst; seiner Wirkksamkeit nach wirkt es auf jedes Raumwesen des ganzen Raumes ein, aber auf jedes in einer anderen, durch beide Wesen gehenden geraden Linie. In jedem Wesen findet man demnach die Einwirkungen von allen Wesen des Weltalls vereinigt; aber jedes dieser einwirkenden Wesen des Weltalls wirkt in einer gefonderten geraden Linie, welche durch die beiden Wesen geht.

Wirkungen auf andere Wesen hervorbringen können, sind also keine Wesen, nur im Zeitpunkte des Stoses sollen sie Wirkung haben, welche aber nach dem Stosse sofort wieder schwindet. Sie sind also gar keine bleibenden Wesen im Sinne unserer Erklärung. Masse haben sie auch nicht im Sinne der Physik. Denn getrennt wirken sie gar nicht, und beim Stosen wirkt das Innere auch nicht, sondern nur der Berührungspunkt. Eine solche Theorie ist zwar nicht *supra captum*, wohl aber *subter captum*, ist unter jedem Fassungsvermögen des menschlichen Geistes. Im Einzelnen weichen die Herren mit ihren Theorien sehr weit von einander ab und bekämpfen der eine die Theorie des andern.

Thomson in einer Abhandlung, welche er 1867 der Royal Society of Edinburgh überreichte, und v. Dellinghausen, Grundzüge einer Vibrations-theorie der Natur, Reval 1872, nehmen beide an, dass der ganze Weltraum von einer ununterbrochenen aber elastischen Flüssigkeit erfüllt sei. Thomson hat seine Theorie bereits 1872 aufgegeben. Dass eine ununterbrochene Flüssigkeit, welche den Raum stetig erfüllen soll, ein Unding ist, haben wir bereits oben nachgewiesen; es widerspricht diese Annahme allen bekannten Naturgesetzen. Nach diesen Theorien soll aber diese stetige Masse sich bald verdünnen, bald verdichten. Da kein leerer Raum sein, sondern die Masse stetig den Raum erfüllen soll, so ist aber kein Raum für die Verdichtung da. Denken wir uns die verdünnte Masse den Raum stetig erfüllend und undurchdringlich, so kann keine weitere Masse in den Raum eindringen. Nun aber tritt die Verdichtung ein. In denselben Raumteil soll jetzt mehr Masse eindringen. Wohin denn aber? Da die hinzukommende Masse keine leeren Orte vorfindet, so muss sie an solche Orte rücken, die vorher schon besetzt waren, und damit ist augenscheinlich die Undurchdringlichkeit der Masse bestimmt geleugnet.

Alle anderen Urheber der genannten Theorien nehmen leeren Raum zwischen den Massewesen von bestimmter Raumgröße an. Prof. Spiller, Die Urkraft des Weltalls, Berlin 1876, lässt den Ether durch Druck auf die Körper wirken, hat aber die Fehler seiner Betrachtungsweise erkannt und diese selbst aufgegeben. Alle anderen Urheber der genannten Theorien lassen den Ether durch Stos auf die Körper wirken. Die Idee ist dabei folgende: Der Ether soll nach allen diesen Theorie-Erfindern mit grosser Macht auf alle Körper stosen. Da er aber von allen Seiten stösst, heben sich die Wirkungen auf. Wenn nun aber zwei Körper in gewisser Entfernung von einander stehen, so soll der eine einen Teil der Stösse für den andern abfangen und dadurch sollen beide einander entgegen getrieben werden und es so scheinen, als zögen sie sich an, während sie nach dieser Theorie nur durch den Stos des Ethers zusammengetrieben werden sollen.

Der Stos aber kann doppelt sein, elastisch und unelastisch. Ein Teil der Theorie-Erfinder wendet den elastischen, ein anderer den unelastischen Stos an. Lesage in seinem Appendix zu dem L'œuvre Newtonien vor 1803, Lange, Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung, Iserlohn 1866, 2te Aufl. 1875, und Schramm, Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache der Naturerscheinungen, Wien 1872, legen den elastischen Stos der Etherteilchen zu Grunde. Sie tun dies, weil sie dem allgemein anerkannten Gesetze von der Erhaltung der lebendigen Kraft Rechnung tragen, aber bereits Dr. Isenkrabe, Das Räthsel der Schwerkraft, Braunschweig 1879, hat den strengen

Beweis geführt, dass, wenn man dies Gesetz beibehält, eine Lösung der Theorie unmöglich werde. Er sagt sehr richtig, dass, wenn wir uns einen Körper denken, der von allen Seiten Stöße des Ethers, im Mittel in gleicher Zahl, gleicher Masse und gleicher Schnelligkeit erhalte, dass dann weder der Ether den Körper bewegen, noch der Körper auf den Ether eine Einwirkung haben könne, und dass also es für einen anderen Körper so sei, als ob der Körper gar nicht vorhanden wäre und er beweist diesen Satz in höchst eleganter Weise Seite 130 bis 136. Wir können hier darauf verweisen, zumal jene Theorien bis jetzt keine Anerkennung von irgend einer Seite gefunden haben. Die Theorien des Etherstoses, welche sich auf elastische Urtheilchen (Atome) gründen, sind mithin ganz unmöglich.

Andere Urheber der Etherstos-Theorien haben die Unmöglichkeit der Annahme elastischer Urtheilchen eingesehen, sie haben also unelastische Urtheilchen angenommen. Fritsch, Theorie der Newton'schen Gravitation, Königsberg 1874, und Angelo Secchi in Rom, Die Einheit der Naturkräfte, Leipzig 1876, lehren die vollständige Starrheit und Unelasticität der Urtheilchen. Secchi sagt a. a. O. Seite 50 u. 51: „Es ist klar, dass wenn man auch ihr (der Elasticität) Vorhandensein in einem zusammengesetzten Molecüle annehmen darf, dies nicht statthaft ist, wo es sich um elementare Atome handelt. In der That setzt die Elasticität, so wie wir sie nach den angenommenen Vorstellungen verstehen, im Innern des Molecüls einen leeren Raum voraus, welcher seine Form ändert, indem er sich zusammenzieht, um darauf in seine erste Gestalt zurückzukehren; betrachten wir nun die Atome als undurchdringliche Körper, und nicht als Vereinigungen fester Theilchen, so können sie nicht leere Räume in sich einschliessen, welche ihnen Ausdehnung und Zusammenziehung gestatten. Was wir Molecüle eines einfachen, d. h. chemisch nicht zerfetzbaren Gases nennen, ist nicht ein elementares Atom, oder kann wenigstens nicht ein einzelnes sein. Wenn also dieses Gas molecül ein Aggregat von wirklichen Atomen ist, so ist es wohl möglich, dass es im Innern Poren hat, und dass ihm im Allgemeinen eine gewisse Anzahl Eigenschaften zukommen, welche die Atome, aus denen es besteht, nicht haben; es ist daher nicht absurd, ihm Elasticität beizulegen.“ Für die Urtheilchen (Atome) sowohl des Ethers, wie der Körper verwerfen also beide Männer die Elasticität, sie fordern schlechthin unelastische Atome. Daneben aber behalten beide das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Aber bei jedem Zusammenstosse unelastischer Wesen geht doch lebendige Kraft verloren. Dieser Verlust findet sich nach den Lehren der Physiker über die mechanische Wärmetheorie in den Wärmeschwingungen der Massetheilchen wieder, die beim Zusammenstosse lebendige Kraft verloren hatten. Nun aber soll auf einmal beim Zusammenstosse vollständig harter, in ihrer Form unveränderlicher Massen, bei denen also von einer elastischen Schwingung keine Rede sein kann, gar kein Verlust an lebendiger Kraft stattfinden! Es ist dies ein Widerspruch in sich, den bereits Herr Ifenkrahe a. a. O. sehr elegant nachweist. Beide Etherstos-Theorien sind darnach rein unmöglich, wie bereits Herr Ifenkrahe anerkennt.

Ifenkrahe, Das Räthel von der Schwerkraft, Braunschweig 1879, der die Etherstos-Theorie beibehalten will, glaubt allen diesen Unmöglichkeiten zu entgehen, indem er einerseits ganz unelastische und unveränderliche Urtheilchen

(Atome) annimmt und zwar sowohl für den Ether, wie für die Körper und indem er gleichzeitig das Gesetz über die Erhaltung der lebendigen Kraft aufgibt. Jeder befähigte Physiker würde urtheilen, wenn meine Theorie mit diesem allgemein erprobten Gesetze, dessen Gültigkeit unzweifelhaft ist, in Widerspruch steht, so ist meine Theorie unrichtig. Anders Herr Ifenkrahe, er giebt das Gesetz auf, um seine Theorie zu retten und dazu eine Theorie, welche die schwächste ist aller bisherigen Theorien.

Die Etheratome sollen wie ein Hagel nach allen Seiten liegen und stosen, also nach den entgegengesetzten Seiten gleich stark. Denken wir uns nun, sie stiesen in entgegengesetzter Richtung auf einander und zwar gleich stark, so heben sich beide Stöße beim unelastischen Stosse ganz auf. Auch die heftigste Bewegung des Ethers müsste also nach dieser Lehre sehr bald verloren gehen und der Ether längst in Ruhe gekommen sein, dann aber ist die Theorie wieder unmöglich.

Nach dieser Theorie soll der fallende Stein so stark vom Ether gestosen werden, dass er dadurch zur Erde fällt. Die Erde wird nach dieser Theorie nicht von der Sonne angezogen, sondern der Ether stößt sie nach der Sonne hin, weil von der Sonne ein Teil der Etherstöße abgefangen ist und die Erde im Schatten der Sonne weilt. Die Sonne aber nimmt am Himmel nur den $\frac{1}{92159}$ ten Teil einer Halbkugel ein. Der Stos, den die Himmelskugel auf die Erde ausübt, müsste also mindestens 92159 mal so gros sein. Die Erde bewegt sich nun aber um die Sonne mit einer Schnelligkeit von 2639 Millionen Metern in dem Tage. An jedem Tage werden also auf jeden Quadratmeter der Erde von vorne 2639 Millionen Würfelmeter Etheratome mehr stosen, und von hinten 2639 Millionen Würfelmeter Etheratome weniger stosen. Wenn nun der Ether wirklich so bedeutend auf die Erde stiese, so müsste die Erde im Ethermeere stets langsamer und langsamer um die Sonne kreifen und müsste längst stillstehen. Die Theorie ist also gleichfalls schlechthin unmöglich. Ueberdies hat weder Herr Ifenkrahe, noch irgend einer dieser Theorie-Erfinder die Gesetze des Ethers berücksichtigt, oder in Rechnung gezogen. Herr Ifenkrahe ist so naiv, die Gesetze des Stoses der Gase, welche doch auf Elasticität der Gasatome und auf das Gesetz der Erhaltung der lebendigen Kraft gegründet sind, für seine Etheratome anzuwenden, obwohl er die Elasticität, wie das genannte Gesetz für die Etheratome leugnet, und er rechnet mit diesen Etheratomen, obwohl er weder ihre Masse, noch ihre Geschwindigkeit, noch die Gesetze derselben kennt. Wir könnten noch zahlreiche Widersprüche dieser Theorie aufdecken; es wird aber auch an den vorgeführten genügen, um zu beweisen, dass die Theorie schlechthin unhaltbar und unmöglich ist.

Mögen doch die Erfinder dieser neuen Theorien einfach ihren horror vor jedem klaren Gedanken und vor klaren Begriffen aufgeben, mögen sie sich begrifflich klar machen, was ein wirkliches Wesen und was der leere Raum ist, dann wird ihnen die Schwerkraft und die Physik nicht mehr ein Räthel sein. Wir können hienach von den genannten Theorien Abschied nehmen. Für die Wissenschaft sind sie schlechthin wertlos.

Ann. 2. Die Kraftabnahme mit der Ferne.

Wir haben oben den Satz bewiesen, dass jede einfache Kraft jedes einfachen Weltwesens in der Ferne, auf ein bestimmtes Weltwesen bezogen, notwendig

abnehmen müsse, wie das Quader der Entfernung zunehme, und dass es gar keine Ausnahme von dieser Regel geben könne. Die Physiker haben aber dieses Gesetz grosenteils noch nicht anerkannt, sondern an Stelle desselben die abenteuerlichsten Gesetze aufgestellt. Roger Boscovich, sonst ein ausgezeichnete Physiker, sagt in seiner *theoria philosophiae naturalis*, Wien 1758 Nr. 10, darüber Folgendes:

„Das Gesetz der Kräfte ist der Art, dass die Kräfte in den kleinsten Entfernungen abstosend sind und zwar um so grösser bis ins Unendliche, um wieviel die Entfernungen selbst bis ins Unendliche kleiner werden, so dass die Kräfte hinreichend sind, jede auch noch so grosse Schnelligkeit, mit welcher der eine Punkt zu andern hinein könnte, zum Stillstande zu bringen, ehe die Entfernung aufhört; dass die Abstosungskraft aber bei vermehrter Entfernung der Punkte so abnimmt, dass in gewisser immer noch kleiner Entfernung keine Kraft bleibt; darauf bei noch vermehrter Entfernung die Abstosungs- in Anziehungskräfte sich umsetzen, die zuerst zwar wachsen, dann aber abnehmen, verschwinden, in Abstosungskräfte sich umsetzen, welche in derselben Weise wachsen, dann abnehmen, verschwinden, wiederum sich in Anziehungskräfte umwandeln und dies wechselsweise für viele jedoch immer noch kleine Entfernungen, bis, wenn man zu grössern Entfernungen gekommen ist, die Kräfte anfangen, beständig anziehend zu werden und zwar abnehmend wie die Quader der Entfernungen und dies entweder, wie weit auch die Entfernungen zunehmen, bis ins Unendliche, oder wenigstens, bis man zu Entfernungen kommt, welche weit über die Bahnen aller Planeten und Cometen hinausreichen.“

Man sieht, Boscovich löst alle Schwierigkeiten, welche sich ihm bieten, dadurch, dass er den leeren Raum als wunderthätigen Zauberer auftreten lässt, der bald unendliche Abstosungs-, bald Anziehungskräfte in buntem Wechsel und zwar alles in den kleinsten Entfernungen, welche sich der Erfahrung entziehen, hervorzaubert. Nach ihm ist also der leere Raum nicht ein Leeres, das keine Wirkung auf Anderes hervorbringt, sondern der allmächtige Künstler, der nach Belieben Abstosungs- und Anziehungskräfte ohne jede Unterlage aus dem Nichts hervorruft, wachsen, abnehmen und wieder verschwinden lässt. Dass solches Phantafiespiel, das durch nichts zu beweisen ist, schlechthin unwissenschaftlich ist, bedarf wohl nicht erst des Beweises.

Auch viele der tüchtigsten Physiker der französischen, wie der deutschen Schule sind zu ähnlichen Annahmen gelangt, welche nicht mehr wissenschaftlichen Wert besitzen, als die eben genannte. Diese Herren lassen die Körperwesen zwar sich anziehen für sehr grosse Entfernungen, dann aber diese Anziehungskraft für eine gewisse Entfernung plötzlich Null werden und für noch kleinere Entfernungen in eine Abstosungskraft übergehen, welche für noch kleinere Entfernungen zuletzt unendlich gross wird und jedem Drucke das Gleichgewicht hält. Auch hier fragt man umsonst, wodurch diese Umwandlung plötzlich bewirkt werden soll und woher der leere Raum zu solchen Umwandlungen die Kraft hernehmen soll. Denn da auch diese Herren, z. B. Saint-Venant, für die einfachen Weltwesen nur Punkte als Sitze der Gewichte und der Kraft annehmen, so geschieht die Vernichtung der Anziehungskraft und die Neuentstehung der Abstosungskraft fern von dem Weltwesen und fern von dem Sitze der Kraft mitten im leeren Raume. Der leere Raum ist also auch nach diesen Herren

ein wundertätiger Zauberer, der nach Belieben Kräfte vernichtet und Kräfte erzeugt, wie es diesen Herren passt, obwohl doch nach dem Summengesetze der Bewegung nie auch nur die geringste Kraft neu entsteht oder vergeht, sondern jede Kraft ebenso ewig ist, als die beiden Weltweisen, deren gegenseitige Beziehung sie darstellt. Ueberdies nimmt auch nach diesen Herren die Anziehungskraft um soviel zu, als das Quader der Entfernung kleiner wird, die Anziehungskraft muss also gerade in der kleinen Entfernung am grössten sein, wo sie nach diesen Herren plötzlich verschwindet.

Dass eine solche Annahme zu den Unmöglichkeiten gehört, muss jeder Unbefangene zugestehen. Aber wie sind denn jene Herren zu ihrer wunderbaren Ansicht gekommen? Denken wir uns einen festen Körper in Ruhe, so ist an seiner Oberfläche und ebenso in seinem Innern die Anziehung der Abstosung der Teilchen gleich; denn wäre die Anziehung grösser, so würden sich die Teilchen mehr nähern, der Körper würde kleiner; wäre die gegenseitige Abstosung der Teilchen grösser, so würden sich die Teilchen mehr entfernen, der Körper würde grösser. Drückt man nun auf den festen Körper und betrage der Druck m Kilogramme, so ist jetzt die Abstosung der Teilchen der Anziehung plus dem Drucke m gleich, obwohl sich die Teilchen kaum merklich genähert haben. Zieht man an dem festen Körper und betrage der Zug p Kilogramme, so ist jetzt die Anziehung der Teilchen, wenn der Körper nicht reist, gleich der Abstosung plus dem Zuge p , obwohl sich die Teilchen kaum merklich entfernt haben. In der Nähe des Gleichgewichtszustandes ändern also Anziehung und Abstosung überaus schnell. Diese Erscheinungen sind es, welche viele Physiker zu den obigen Ansichten verführt haben. Es ist einleuchtend, dass diese Erscheinungen nicht aus der blosen Anziehung der Körperweisen erklärt werden können, sondern dass in den festen Körpern noch andere Wesen ihren Sitz haben müssen, welche die Abstosung der Teilchen bewirken und denen die obigen Erscheinungen zu danken sind. Es wird die Aufgabe der folgenden Untersuchungen sein müssen, diese Wesen zu entdecken und ihre Gesetze nachzuweisen.

Auch bei dem Ether begegnen wir ähnlichen Schwierigkeiten, welche wir zu lösen haben werden. Ueberhaupt wenn die einfachen Raumweisen nur durch Anziehungskräfte auf einander wirkten, so könnte es zu ausgedehnten Körpern und dem ausgedehnten Ether gar nicht kommen, sondern würde das ganze Weltall in einen Punkt zusammenschrumpfen; es muss also Wesen geben, welche einander abstosen und deren Abstosungskraft der Anziehungskraft der andern Wesen das Gleichgewicht hält.

Fechner in seiner Atomenlehre versucht die Schwierigkeiten, welche sich im Innern der Körper finden, durch sogenannte multiple Kräfte zu lösen. Diese Kräfte sind zuerst von W. Weber eingeführt, um die elektrodynamischen Erscheinungen zu erklären, aber diese Erscheinungen sind bereits von meinem Bruder, dem Professor Hermann Grassmann, auf anderem Wege einfach ohne solche multiplen Kräfte gelöst (Poggendorf Annalen Bd. 64 S. 1) und demnächst auch vom Professor Clausius in Bonn in gleicher Weise gelöst, die multiplen Kräfte sollte man darnach wissenschaftlich auf sich beruhen lassen, sie entbehren bis jetzt jeden Nachweises. Fechner dagegen legt diese nirgends nachgewiesenen multiplen Kräfte seiner Betrachtung zu Grunde und sucht sie noch zu verall-

gemeinern. Er meint, auser dem Beharrungsgefetze für ein Weltwesen und der binären Kraft der Anziehung bez. Abstosung zwischen zwei einfachen Weltwesen könne noch eine besondere höhere Kraft vorkommen, welche das Verhältniss des m ten Weltwesens zu den $m-1$ vorhergehenden feststelle und nicht aus der Zusammenfetzung binärer Kräfte abgeleitet werden könne. Freilich weis er ein Gesetz dafür nicht anzugeben, seine Annahme bleibt eben reine Phantasie, rein in der Luft erbaut ohne jeden Anhalt in der Erfahrung und ohne jede Aussicht, je mathematisch benutzt werden zu können. Die mathematischen Entwicklungen, welche Fechner selbst giebt, sind fehlerhaft und zur Begründung einer neuen Ansicht durchaus ungenügend. Die Idee selbst ist eine unglückliche zu nennen, welche für die Verhältnisse der Weltwesen gar keine Ergebnisse liefern kann, die nicht auch aus den Beziehungen je zweier Wesen hervorgehen können.

Wir werden im Laufe dieses Buches die streng wissenschaftliche Lösung aller dieser Schwierigkeiten kennen lernen. Wir werden sehen, dass nicht der leere Raum es ist, der diese Wirkungen hervorbringt, sondern dass es die Wesen sind, welche diese Wirkungen erzeugen. Wir werden abstosende wie anziehende Wesen kennen lernen und beobachten, wir werden sehen, wie sich dieselben zusammenfetzen und wie aus dieser Zusammenfetzung alle die Erscheinungen hervorgehen, welche wir soeben besprochen haben. Ich werde an den betreffenden Punkten den streng mathematischen Beweis führen, dass alle jene Erscheinungen nur aus der Wirkung zusammengefügter theils anziehender, theils abstosender Wesen hervorgehen können, werde die beiden Arten der Wesen getrennt vorführen, ihre Eigenschaften und Kräfte ausführlich nachweisen und dann die Erscheinungen aus ihrer Zusammenfetzung ableiten. Ich bitte die Herren Physiker, diesen Entwicklungen zu folgen und die Beweise zu prüfen.

7. Die Massegesetze oder Notwendigkeits- und Trägheitsgesetz.

Alle Gesetze, welche wir bisher aufgestellt haben, galten für sämtliche Weltwesen im Raume, sowol die Wesengesetze, als die Bewegungsgesetze und die Kraftgesetze. In der vorliegenden Nummer wollen wir nun die Massegesetze kennen lernen, welche ausserdem für die Massewesen gelten.

Massewesen* nennt man in der Wissenschaft diejenigen Weltwesen, welche sich nach den Gesetzen der Notwendigkeit und Trägheit bewegen. Das Gewicht dieser Massewesen nennt man ihre Masse. Die Gesetze der Massewesen sind folgende:

* Masse, ahd. massa, mhd. masse, ist aus dem lat. massa, dies aus dem griech. μάζα = magja entlehnt und stammt von dem Urverb mak, sskr. mac., griech. μάσ-σō = makjō, zerdrücke, knete. Es bezeichnet einen Teig von Mehl, aus dem ein Wesen geformt werden kann. Die Form ist deutsch und bildet Beinamen, z. B. massig.

1. Das Notwendigkeitsgesetz.

Das Massewesen wirkt auf daselbe Massewesen in der gleichen Entfernung stets und unabänderlich gleich stark und diese Wirkung behält für alle Entfernungen daselbe Zeichen. Mit der Entfernung nimmt die Wirkung ab, wie das Quader der Entfernung zunimmt.

In Formel ausgedrückt lautet das Gesetz: Seien m_1 und m_2 die Gewichte der beiden Massewesen, sei $a \geq 0$ die Wirkung der Gewichtseinheit auf die Gewichtseinheit in der Entfernung eins, sei r die Entfernung der Schwerpunkte der beiden Massewesen, so ist die Wirkung des ersten Massewesens auf das zweite

$$+ \frac{m_1 m_2 a}{r^2}$$

die des zweiten auf das erste

$$- \frac{m_1 m_2 a}{r^2}$$

die Summe beider Wirkungen demnach Null.

2. Das Trägheitsgesetz.

Jedes Massewesen entbehrt der Entwicklung. Es kann sich der Einwirkung anderer Wesen weder hingeben, noch verschliessen; es kann seine Tätigkeit weder steigern, noch verringern; es bleibt für alle Zeiten das gleiche Wesen, das zwar in verschiedene Zusammensetzungen eintreten kann, aber nach Auflösung der Zusammensetzung wieder in den früheren Zustand zurückkehrt.

Die grose Mehrzahl der Weltwesen gehört den Massewesen an, ob es ausser denselben noch andere Wesen, ob es namentlich Geisteswesen giebt, welche einer bestimmten geistigen Freiheit genießen, können wir hier gar nicht untersuchen. Wir lassen diese Frage hier daher auf sich beruhen. Es ist Aufgabe der Staatslehre, diese Frage wissenschaftlich zu untersuchen und zu entscheiden. Hier in der Lehre vom Weltleben haben wir es nur mit den Massewesen zu tun und müssen uns auf sie allein beschränken. Nur die Möglichkeit des Wissens, nur die Fähigkeit des Menschen, die Wahrheit eines Satzes zu untersuchen, die Fähigkeit, wissenschaftliche Sätze zu entwickeln und Irrtümer zu beseitigen, die müssen wir behaupten, wenn wir

strenge wissenschaftlich fortschreiten wollen; im Uebrigen aber haben wir es in der Lehre vom Weltleben nur mit Massewesen zu tun.

Es giebt zwei Arten von Massewesen: Körper und Ether.*

Körper (corpus) heist jedes Massewesen, welches von der Erde angezogen wird, oder dieselbe anzieht. Die Körper bilden im Weltraume Inseln, Sterne, in denen die Körper in grossen Massen angehäuft sind. Der Raum ausser den Inseln ist leer von Körpern.

Ether (aithér) heist jedes Masseteilchen, welches von der Erde nicht angezogen wird, auch dieselbe nicht anzieht. Der Ether bildet das Ethermeer zwischen den Körperinseln, in dem die Lichtwellen von den fernsten Sternen bis zu uns gelangen.

Die Zahl dieser Körper und Etherwesen ist eine sehr grosse und für den menschlichen Geist unermessliche, dennoch aber keine schlechthin unendliche. Die einfachen Wesen derselben nehmen keinesweges den ganzen Weltraum ein, sondern stehen in endlichen Entfernungen von einander und lassen leeren Raum zwischen sich, wie wir in No. 5 bewiesen haben. Ebenso giebt es jenseit der begrenzten Körperinseln und jenseit des begrenzten Ethermeeres einen unendlichen leeren Raum.

Es giebt Männer, welche sich einen leeren Raum nicht zu denken vermögen und daher eine unendliche Zahl von einfachen Wesen behaupten; aber diese Leute sind unklar. Die unendliche Zahl liegt jenseits jeder Zahl, also auch jenseits der grössten Zahl, welche man sich überhaupt denken kann. Mag es so viele einfache Wesen geben, wie es will, die Zahl derselben muss doch immer einen bestimmten Wert, eine bestimmte Grösse haben, wenn man soll wissenschaftlich darüber reden können. Habe sie also einen bestimmten Wert und habe sie n Stellen, so ist sie dennoch immer eine endliche Zahl, da es jenseits derselben noch grössere Zahlen giebt. Eine unendliche Zahl wirklicher Wesen behaupten, ist daher eine unwissenschaftliche Behauptung und würde jede wissenschaftliche Untersuchung aufheben, da

* Das Wort Körper, im 13. Jahrhundert aus dem lat. Worte corpus. corpori-s entlehnt, hat bereits deutsches Sprachrecht erlangt, denn es bildet Ableitungen, wie körperlich, verkörpern. Das Wort Ether, aus dem griech. Worte aithér entlehnt, hat deutsche Form und hat daher deutsche Ableitungen gebildet, so gebraucht Rütkert z. B. das Verb umäthern. Wieland schreibt das Wort bereits „Ether“.

dann die Zahl der Wesen, die Masse der Wesen eine unbestimmte wäre, über die sich wissenschaftlich gar nichts feststellen liese.

8. Die Gesetze der Weltkörper und die Abschnitte des Weltlebens.

Denken wir uns nun alle Körper in Ruhe, so werden alle Körper, da sie sich gegenseitig anziehen, nach dem gemeinsamen Schwerpunkt der Körperwelt gezogen werden und werden also nach diesem hin fallen müssen. Die Gesetze des Falles zeigen uns die Gesetze dafür. Denken wir uns dagegen die Körper in Bewegung, so wird sich der Schwung oder die bisherige Bewegung und die Anziehung zusammensetzen und es gilt das Gesetz der Bahnspeichen. Haben der Schwung und die Anziehung ein solches Verhältniss, dass die Entfernung der Körper von dem Anziehungspunkte stets die gleiche bleibt, so gilt das Gesetz der Kreisbahnen.

Die Mechanik entwickelt streng wissenschaftlich alle diese Gesetze der Körperwelt. Am grosartigsten hat Lagrange, *mécanique analytique*, Paris 1788, diese Gesetze für alle Körper, und hat Laplace, *mécanique celeste*, Paris 1799—1825, diese Gesetze für die Himmelskörper abgeleitet. Wir können hier auf diese Wissenschaft nur verweisen.

Wollen wir weiter in die Gesetze der Massewesen eindringen, so müssen wir die Erscheinungen der Ether- und Körperwelt untersuchen und dadurch die Gesetze erforschen, welche für das Innere dieser Wesen gelten. Dies führt uns in die vier Abschnitte des Weltlebens:

Das Nahrungsleben der Körper oder das Lichtleben,
 Das Arbeitsleben der Körper oder das Wärmeleben,
 Das Blütleben der Körper oder das Mischleben und
 Das Fruchtleben der Körper oder das Füllleben.

Ann. 1. Das Gesetz des Falles.

Jede Kraft, welche auf einen Körper einwirkt, verändert die Schnelligkeit; man nennt die Kraft eine gleichmässige, wenn sie die Schnelligkeit in gleicher Zeit um gleichviel verändert. Sei die Anfangsschnelligkeit Null, die Grösse, um welche die Schnelligkeit in je einer Sekunde zunimmt, $2s$, so ist die End-schnelligkeit nach t Sekunden $2st$. Die mittlere Schnelligkeit in t Sekunden ist, da die Schnelligkeit gleichmässig zunimmt, die Mitte von 0 und $2st$, d. h. st . Der Raum, den der Körper in t Sekunden durchläuft, ist st^2 . Sei die Masse des Körpers m , so ist die Bewegung des Körpers nach t Sekunden $m (2st)^2 = 4ms^2t^2$, d. h. sie ist das Zeng (Product) aus der Masse und dem Quader der End-schnelligkeit. Man nennt die gerade Linie, welche ein Körper auf der Erde in einer Sekunde fällt, d. h. $4,90396$ Meter, eine Fallruete.

2. Die Anziehungskraft der Körpermasse.

Die Erde giebt den Körpern an ihrer Oberfläche in einer Sekunde eine Schnelligkeit c von 2 Fallruten oder von $9_{,80792}$ Metern. Nach den besten Untersuchungen der Physiker ist nun das Gewicht der Erde $m = 6119_{,817}$ Trillionen Tonnen (≈ 1000 Kilogramm) und ist die Entfernung der Körper an der Oberfläche der Erde vom Schwerpunkte der Erde $r = 6372400$ Meter. Nennen wir nun A die Schnelligkeit, welche eine Tonne oder 1000 Kgr. Körpermasse einem Körper in 1 Meter Entfernung in einer Sekunde giebt, so ist

$$A : c = 1 : \frac{m}{r^2} \text{ d. h. } \frac{mA}{r^2} = c \text{ oder } A = \frac{cr^2}{m}.$$

A ist also gleich 64767 Billiontel Meter.

Setzen wir das Gewicht der anziehenden Körpermasse gleich 1 Gramm und die Entfernung der angezogenen gleich ein mm, und sei a die Schnelligkeit, welche 1 Gramm Körpermasse einem Körper in 1 mm Entfernung in einer Sekunde giebt, so ist $a : A = \frac{\text{Million}}{\text{Million}} : 1$, d. h. $a = A$ oder, in mm ausgedrückt, $a = 64_{,767}$ Milliontel mm.

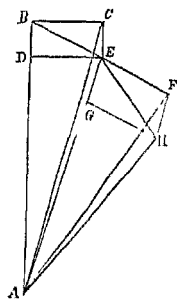
3. Das Gesetz der Bahnspeichen (radius vector).

Wie gros auch die anziehende Kraft sei und wie sie sich verändere bei der Entfernung, so gilt doch allgemein das Gesetz der Bahnspeichen:

Die Bahnspeichen (radii vectores) durchlaufen in gleichen Zeiten gleiche Räume.

Der Satz lässt sich aus den einfachen Gesetzen der Raumlehre ableiten. Sei nämlich A der anziehende Körper, B der angezogene. Sei BC die Schnelligkeit des letzteren, BD die Fallhöhe, so ist der wirklich von dem angezogenen Körper B zurückgelegte Weg die Gehre (Diagonale) BE in der Raute (Parallelogramm) $BDEC$. In der folgenden Sekunde ist nun nach dem Beharrungsgesetze die Schnelligkeit $EF = BE$. Sei nun die Fallhöhe EG , so ist der wirklich von dem angezogenen Körper B zurückgelegte Weg die Gehre (Diagonale) EH in der Raute (Parallelogramm) $EGIF$.

Nach bekanntem Satze der Raumlehre haben nun zwei Dreiecke gleichen Raum, wenn die Grundseiten und Höhen gleich sind, oder wenn bei derselben Grundseite die Spitzen in einer mit der Grundseite gleichlaufenden Linie liegen. Es ist also dem Raume nach $\triangle BCA = \triangle BEA = \triangle EFA = \triangle EHA$, d. h. die Bahnspeichen AB und AE durchlaufen in gleichen Zeiten gleiche Räume.



Zeichn. 2.

4. Das Gesetz der Kreisbahnen.

Sei s die Schnelligkeit, mit welcher der angezogene Körper in einem Zeitraume in gerader Linie forteilt, d. h. die Tangente BC an dem Kreise, sei a die Fallhöhe der Anziehungskraft oder die gerade Linie, um die der angezogene Körper zu dem anziehenden in gleichem Zeitraume hineinlt (wobei es ganz gleichgültig ist, nach welchem Gesetze die Anziehungskraft wirkt), d. h.

der ausen liegende Abschnitt CD, sei r die Entfernung der beiden Körper, d. h. der Halbmesser AB der Kreisbahn, so ist nach einem bekannten Satze der Raumlehre das Quader der Tangente gleich der ganzen Sekante mal dem ausenliegenden Abschnitte, d. h. $s^2 = (2r + a) a = 2ra$, da a , wenn man die Zeit sehr klein setzt, gegen $2r$ verschwindet, d. h. es ist

das Quader der Schnelligkeit gleich der doppelten Entfernung mal der Fallhöhe.

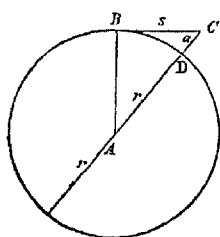
Seien zwei anziehende Massen gegeben, deren Fallhöhen a_1 und a_2 seien, und sei $a_2 = a_1$, so ist bei gleicher Entfernung r , wenn die entsprechenden Schnelligkeiten s_1 und s_2 heißen,

$$a_2 = \frac{s_2^2}{2r}, a_1 = \frac{s_1^2}{2r}, \text{ mithin } \frac{s_2}{s_1} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} \text{ und}$$

$$s_2 = s_1 \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} = s_1 \sqrt{m}.$$

In gleicher Entfernung verhalten sich die Schnelligkeiten, wie die Wurzeln aus den anziehenden Massen.

Die Gefetze der elliptischen Bahnen werden in meiner Himmelsgeschichte entwickelt werden, und kann hier darauf verwiesen werden.



Zeichn. 3.

Erster Abschnitt des Weltlebens: Das Nahrungsleben der Körper oder das Licht- leben.

9. Das Licht und die Gesetze des Ethers.

Von den Massewesen: den Körpern und dem Ether betrachten wir zunächst den Ether, da dieser am einfachsten zusammengefasst ist, auch die Etherwesen der Zahl nach den bei weitem grössten Teil der Massewesen bilden.

Der Name Ether* bezeichnet das Glühende, Leuchtende; er bezeichnet den Ether als Träger des Lichtes. Mit dem Lichte beginnen wir daher auch die Untersuchung über den Ether.

Die Lehre vom Lichte oder die Optik ist eine strenge Wissenschaft, welche schon seit etwa 1700 eine streng wissenschaftliche Behandlung erfahren hat. Ich verweise hier auf die streng wissenschaftlichen optischen Werke, namentlich auf Radicke, Handbuch der Optik, Berlin 1839, Beer, Einleitung in die höhere Optik, Braunschweig 1853, Billet, *Traité d'optique physique*, Paris 1858—59, Briot, *Théorie de la lumière*, deutsch, Leipzig 1867, Becquerel, *La lumière, ses causes et ses effets*, Paris 1867—68, Verdet, *Leçons d'optique physique*, Paris 1869. Hier begnüge ich mich, die streng wissenschaftlichen, von Allen anerkannten und für alle Zeiten festgestellten Ergebnisse dieser Wissenschaft nur soweit kurz aufzuführen, als sie für die vorliegende Aufgabe erforderlich sind und für die folgende Untersuchung zu Grunde gelegt werden sollen.

Alle grossen Sterne des Himmels werden von uns nur wahrgenommen, weil sie leuchten und Licht zu uns senden. Der ganze

* Ether, franz. *éther*, ist aus dem lat. *aether*, dies aus dem griech. *aîthér* entlehnt und stammt von dem Urverb *idh*, sskr. *idh*, griech. *aîth-ō*, mhd. *eit-e*, entzünd-, glühe, brenne. Es bezeichnet, wie das deutsche Wort „Eiter“ das Glühende, Brennende, und ist daher für den Ether als Träger des Lichtes und der Elektrizität höchst passend. Die Form ist deutsch.

Himmel aber zeigt uns Sterne, jede Verbesserung der Sternkuker oder astronomischen Fernröhre lässt uns Taufende von neuen Sternen entdecken, so dass man allein im Milchstrassenreiche gegen 20 Millionen Sterne, im Ganzen aber wohl tausendmal soviel Sterne rechnen darf. Wir wollen auf diese Zahlen kein Gewicht legen, wir folgern nur das Eine daraus, dass die Erde von allen Richtungen her Licht empfängt.

Die Sonne und alle Sterne bewegen sich aber im Raume. Die Sonne dreht sich in 25₃₁ Tagen einmal um ihre Achse; da sie nun nach jeder Richtung hin Licht entsendet, so kann man auch den Satz aufstellen, dass die Sonne und ebenso alle die Sterne auch nach allen Richtungen hin Licht entsenden.

Die Eigenschaften des Lichtes nehmen wir auf der Erde wahr und können die Verbreitung des Lichtes untersuchen. Es ergibt sich, dass das Licht sich in gleichmäßig dichten Mitteln geradlinig ausbreitet, dass es geradlinig im Weltraume fortschreitet und dass also der Weltraum von einem gleichmäßig dichten Mittel erfüllt ist, ferner dass die Wirkung des Lichtes in dem Verhältnisse abnimmt, wie es sich im Raume verbreitet, d. h. dass die Wirkung des Lichtes abnimmt, wie das Quader der Entfernung vom Mittelpunkte des leuchtenden Körpers zunimmt.

Die Schnelligkeit des Lichtes hat man theils aus den Erscheinungen an den Sternen berechnet, theils unmittelbar an Scheiben mit durchsichtigen Lücken welche sich schnell drehen, gemessen; das Licht durchläuft darnach in jeder Sekunde 308 bis 315, im Mittel etwa 310 Millionen Meter. Das ist eine Schnelligkeit, welche ganz ausserordentlich ist. Der Schall, welcher sich auf der Erde in der Luft ausbreitet, durchläuft in der Sekunde nur 333 Meter, die Schnelligkeit des Lichtes ist also nahe eine Million (genau 941441) mal so gros als die Schnelligkeit des Schalles.

Das Licht schwingt bei dieser Fortbewegung in Lichtwellen, welche eine Länge von 393 bis 760 Milliontheil eines Millimeters haben, oder von denen 1315000 bis 2542000 auf die Länge eines Meters gehen, so dass in jeder Sekunde 412 bis 797 Billionen Lichtwellen erzeugt werden. Jede Lichtwelle besteht dabei in einer abwechselnden Verdichtung und Verdünnung des Mittels, in welchem das Licht schwingt und sich fortpflanzt.

Das Mittel, in welchem sich das Licht durch den Weltraum fortpflanzt, ist überaus leicht beweglich. Das ist das Erste, was sich für unsere wissenschaftliche Untersuchung aus diesen Thatfachen

ergiebt. Auf der Erde ist unter allen Körpern die Luft der am leichtesten bewegliche Körper. In dieser Luft erzeugt nun der Schall ganz entsprechende Schallwellen, wie das Licht im Weltraume Lichtwellen erzeugt, dennoch macht der Schall in der Luft in einer Sekunde nur 8 bis 65530 Schallwellen, während das Licht im Mittel des Weltraumes in einer Sekunde 412 Billionen bis 797 Billionen Lichtwellen macht. Das Mittel des Weltraumes macht also in einer Sekunde etwa 1 Billion mal soviel Wellen als die Luft und ist also etwa eine Million mal so beweglich als die Luft. Da nun die Luft der beweglichste Körper auf der Erde ist, so muss man schliesen, dass das Mittel des Weltraumes nicht mehr ein Körper ist, man hat es Ether genannt.

Das Licht pflanzt sich im Ether etwa eine Million mal so schnell fort als der Schall in der Luft, das Dehnmas des Ethers ist also auch ein ganz anderes, als das der Körper.

Das Licht schreitet im Ether geradlinig oder in geraden Strahlen fort; es beweist dies, dass der Ether ein gleichmässig dichtes Mittel ist. Es beweist dies aber auch ferner, dass der Ether, der die gewaltigen Räume zwischen den Weltinseln erfüllt, unwägbar oder imponderabel ist, und von den Weltkörpern weder angezogen, noch abgestosen wird. Denn würde der Ether von den Weltkörpern, z. B. von der Erde, angezogen, so müsste er, wie die Luft, welche von der Erde angezogen wird, als Sphäre um die Erde lagern, und zwar um so dichter, je näher er der Erde käme. Umgekehrt, würde er von den Weltkörpern, z. B. von der Erde abgestosen, so müsste er fern von der Erde und den anderen Weltkörpern lagern. In beiden Fällen könnte er nicht das Licht geradlinig von den Weltkörpern herführen. Der Ether wird also von den Weltkörpern weder angezogen, noch abgestosen, er ist unwägbar oder imponderabel. Dies ist eine so sichere und unzweifelhafte Tatsache, dass sie von allen Gelehrten anerkannt wird.

Das Ergebniss ist so überraschend, dass man zunächst in lebhafteste Unruhe gerät, was man dazu sagen soll. Alle früheren Ergebnisse der Wissenschaft scheinen dem zu widersprechen. Wir haben Wesen genannt das, was Wirkungen auf Anderes ausübt und empfängt, und nun sollen wir ein Ethermeer annehmen, welches keine Anziehung oder Abstosung von der Erde empfängt, also auch keine auf dieselbe ausübt. Wir haben bei den Massewesen das Gesetz aufgestellt, dass die Wirkung des einen auf das andere gleich dem Zeuge oder Producte der beiden Massen geteilt durch das Quader der Entfernung sei, d. h.

wenn m_1 und m_2 die Massen, a die Einwirkung der einfachen Masse auf die einfache Masse in der Entfernung eins und r die Entfernung ist, dass die Wirkung des einen auf das andere

$$+ \frac{m_1 m_2 a}{r^2}$$

sei. Wenn nun bei der Einwirkung der Erde auf den Ether diese Wirkung Null ist, so scheint es, als müsse das Gewicht oder die Masse des Ethers $m_1 = 0$ sein. Aber ein Wesen, dessen Gewicht Null ist, ist gar kein Wesen, ist leerer Raum. Es scheint also, als sei der Ether ein leerer Raum. Aber der leere Raum kann sich doch nicht verdichten und verdünnen; er kann also auch nicht Lichtwellen bilden und fortpflanzen. Der Ether ist also auch nicht leerer Raum; er besteht vielmehr aus Etherwesen, welche eine Masse haben, wie wir dies sogleich sehen werden, und übt in der unmittelbarsten Nähe die gewaltigsten Wirkungen auf die Körper aus. Die Tatsache, dass er im Ethermeere, fern von den Körpern unwägbar ist, wird man demnach auf andere Weise erklären müssen.

In der Tat erzeugen die Lichtwellen, welche, von der Sonne erzeugt, durch den Ether zu uns getragen werden, auf der Erde selbst die gewaltigsten Wirkungen; sie erwärmen ganze Länder, namentlich in der heißen Zone, d. h. bringen alle Körperteile in lebhafteste Schwingung, mit andern Worten, da Wärme und Arbeit gleich ist, erzeugen riesenhafte Arbeit, erregen gewaltige Stürme und Winde, machen bedeutende Wassermengen des Meeres verdunsten, führen den Wasserdunst in ferne Länder und tränken diese mit Regen, führen den Blättern der Pflanzen Licht zu, welches diese aufnehmen, um nun in innerer Arbeit die Kohlen Säure der Luft in Kohle oder in Pflanzenstoffe zu verwandeln. Alles Leben, alle Arbeit der Dampfwerke, der Pflanzen, Tiere und Menschen verdankt diesem Sonnenlichte seine Entstehung. Nach den ausgezeichneten Untersuchungen von Herschel und Pouillet bringen die Lichtwellen des Ethers im Sonnenscheine am Tage soviel Wärme zur Erde, dass sie jährlich eine Schicht von 30 Meter Eis schmelzen könnten, d. h. sie bringen in den 12 Stunden des Tages auf 1 Quadermeter 3080 Wärmeeinheiten, oder soviel um 3080 Kilogramm Wasser um 1° C. zu erwärmen. Da nun die ganze Oberfläche der Erde 511,048 Billionen Quadermeter misst, so empfängt die Erde täglich durch die Lichtwellen des Ethers von der Sonne allein 1,574028 Trillionen Wärmeeinheiten oder Arbeitseinheiten, wobei eine Wärmeeinheit die Wärme ist, welche ein Kgr. Wasser um 1° C. erwärmt.

Der Ether, in dem das Licht schwingt, übt also in unmittelbarer Nähe die gewaltigsten Wirkungen auf die Erde aus; der Ether hat also Masse. In der Ferne von der Erde ist und bleibt er freilich unwägbare oder imponderabel, d. h. er zieht in der Ferne weder die Erde an, noch wird er von ihr angezogen. In nächster Nähe aber, wenn die Etherwellen des Lichtes unmittelbar auf einen Körper treffen, wirken sie auf ihn ein, erwärmen ihn und üben nun die größten Wirkungen aus. Um die Wesen des Ethers kennen zu lernen, müssen wir diese Einwirkungen des Lichtes auf die Körper genauer untersuchen.

Sobald das Licht auf einen Körper trifft, verlässt es seinen geradlinigen Weg und wird verändert. Die Körper sind nämlich in Bezug auf das Licht entweder rückwerfend, reflectirend, d. h. sie lassen die Lichtwellen nicht eindringen, werfen sie zurück, oder sie sind aufnehmend, receptiv, d. h. sie lassen die Lichtwellen in das Innere des Körpers eindringen.

Die rückwerfenden Körper sind entweder spiegelnd, d. h. sie werfen den Lichtstrahl in derselben Ebene und unter demselben Winkel zurück, unter welchem er auffiel, oder sie sind zerstreuend, d. h. sie werfen das Licht nach den verschiedensten Richtungen zurück. Zu den rückwerfenden Körpern gehören vor allem die Erze, deren Körperteilchen von dem Ether am schwersten in Mitschwingung versetzt werden, da sie zu diesen nur wenig Anziehungskraft haben und überdies ein großes Raumgewicht besitzen. Wird die Oberfläche des Erzes geglättet oder polirt, so wird es ein Spiegel, sei es wie der Queckbelag auf der Rückseite des Glasspiegels, oder wie die Erzfläche im Erzspiegel.

Die aufnehmenden Körper sind entweder durchscheinende (durchsichtige), d. h. sie lassen den Lichtstrahl in derselben Ebene unter einem veränderten Winkel, dem Brechungswinkel, in gerader Linie durch den Körper hindurchgehen und an der entgegengesetzten Seite wieder austreten, oder sie sind verschluckend, d. h. sie lassen das Licht nach allen Richtungen in dem Körper sich zerstreuen und in dem Körper verbleiben. Zu den durchscheinenden Körpern gehören die Luftarten, die Flüssigkeiten, die Gase (Krystalle) und die spatartigen, wie das Glas.

Die durchscheinenden Körper brechen das Licht. Bei den durchscheinenden Körpern, z. B. bei den Luftarten und den Flüssigkeiten stehen die Körperteilchen soweit auseinander, dass zahlreiche Etherteilchen zwischen ihnen Raum finden; diese können also ungehindert schwingen, wenn eine Lichtwelle des angrenzenden Ethers

sie in Schwingung versetzt. Aber auch auf diese Eitherteilchen im Innern der Luft oder der Flüssigkeit haben doch die angrenzenden Körperteilchen einen wesentlichen Einfluss. Die Körperteilchen hemmen diese Eitherteilchen in ihrer Bewegung; die Lichtwelle ändert deshalb ihre Richtung, indem sie in der Flüssigkeit langsamer vorschreitet, etwa wie ein Reiter-Geschwader seine Richtung ändert, wenn es in schräger Richtung von einem freien Felde auf hinderndes Gebüsch oder auf Sturzacker vorschreitet. Bei den Gespaten (Krystallen), wo die Körperteilchen nach bestimmten Achsen geordnet stehen, kann die Lichtschwingung gleichfalls in bestimmten Richtungen durch das Innere des Körpers hindurchgehen; es ist aber das Brechungsverhältniss je nach den verschiedenen Achsen des Gespates ein verschiedenes, und kann daher, wie beim Doppelspate, selbst ein doppeltes Bild des Lichtstrahles entstehen.

Bei dieser Brechung des Lichtes im Innern der durchscheinenden Körper zeigen die Lichtwellen von verschiedener Länge auch ein verschiedenes Brechungsvermögen.* Lässt man die Lichtstrahlen durch ein Prisma gehen, welches die Richtung der Lichtstrahlen stark ablenkt oder bricht, so entsteht aus dem Lichtstrahle ein Farbenspectrum oder Regenbogenbild. Es treten die verschiedenen Farben weit aus einander. Lässt man die Lichtstrahlen derselben Farbe in diesem Bilde wieder durch ein Prisma gehen, so werden sie zwar von Neuem abgelenkt, aber nicht zu einem neuen Spectrum ausgebreitet. Die folgende Tafel zeigt uns die Farben und ihre Wellenlängen.

Farbe im Spectrum.	Wellenlänge in Milliontel Millimeter.	Zahl der Wellen auf 1 Meter.	Zahl der Wellen in 1 Sekunde.
Aeuserstes Rot	760	1315000	412 Billionen.
Rot	660	1515000	475 -
Braun (Orange)	609	1642000	515 -
Gelb	584	1712000	537 -
Grün	533	1876000	588 -
Blau	508	1968000	617 -
Indig (Indigo)	457	2188000	686 -
Veil (Violet)	432	2314000	725 -
Aeuserstes Veil	393	2542000	797 -

* Sei die Schnelligkeit des Vorschreitens im freien Ether 1, die des Vorschreitens im Körper (Luft, Glas u. a.) $\frac{1}{a}$ und sei der Winkel, unter dem die Lichtwelle auf die Oberfläche des Körpers trifft (der Einfallswinkel) α , dagegen

Der Mangel des Lichtes heist schwarze Farbe, der Dreiklang der drei Farben: Rot, gelb und blau giebt weisses Licht. Die Mischung von schwarz und weis heist grau, die von rot und gelb braun oder orange, die von gelb und blau grün, die von rot und blau veil oder violet. Die Mischung von rot, gelb und blau giebt wieder eine graue Farbe. Jede dieser Farben lässt nun verschiedene Grade zu; sie heist nach dem Grade des Lichtes: licht, hell, trübe, dunkel, finster, nach dem Grade des Glanzes: blendend, feurig, lebendig, ansprechend, matt, stumpf, nach der Menge der Farbe: gefättigt, kräftig, dünn, verschwimmend u. f. w.

In dem Farbenspectrum oder Regenbogenbilde erscheinen ausser den Farben auch noch besondere helle und dunkle Linien, und zwar bei derselben Lichtquelle stets dieselben Linien, bei verschiedenen Lichtquellen dagegen verschiedene Linien.* Denken wir uns, dass zwei Lichtwellen so auf einander fallen, dass der verdichtete Teil der einen Welle und der verdünnte Teil der anderen Welle genau auf einander fallen, so löschen sich beide gegenseitig aus und es ent-

der Winkel, unter dem die Lichtwelle von der Oberfläche aus im Innern vorgeht (der Brechungswinkel) β , so ist

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{a}$$

(wobei nur bemerkt sei, dass der Einfallswinkel bezüglich der Brechungswinkel auch der Winkel ist, den der Lichtstrahl mit dem Lote auf der Oberfläche bildet). Die Gröse a heist das Brechungsverhältniss; sie ist für Luft der mittlern Dichte 1,0028, für Wasser 1,336, für Crown Glas 1,535, für Flintglas 1,60, für Kassaöl 1,641, für Demant 2,487, für chromsaures Blei (Chromblei) 3,00.

* Anm. Für die Wellenlänge hat man genau nach den Frauenhofer'schen Linien beim Sonnenlichte:

Farbe.	Frauenhofer'sche Linie.	Wellenlänge in Milliontel mm.	Zahl der Wellen in einer Sekunde. Billionen.
Schwarzrot	—	810	384
Ende des Rot	B	687,8	452
Rot	C	656,4	474
Braun	D	588,8	582
Grün	E	526,0	591
Blau	F	484,8	641
Indig	G	428,1	724
Veil	H	392,9	785
Ueberveil	—	310	1008

Die schwarzroten und die überveilen Lichtwellen sind mit dem Auge nur wahrnehmbar, wenn die anderen Wellen verdeckt sind.

steht eine dunkle Stelle. Andererseits fallen bei zwei Wellen die verdichteten Teile auf einander, so entsteht eine besonders helle Stelle. Dies führt uns zu den überaus wichtigen Erscheinungen der Spectralanalyse, durch welche man aus den Linien des Farbenspectrums den Stoff nachweisen kann, von dem das Licht herrührt.

Die Körper, welche das Licht zerstreuen und verschlucken, haben nun in Bezug auf das Licht und auf die Farben ein sehr verschiedenes Verhalten. Die einen verschlucken rotes Licht, sie werfen daher nur blau und gelb zurück, erscheinen grün, wie die Blätter der Pflanzen; andere verschlucken blaues Licht, werfen nur gelb und rot zurück und erscheinen braun, wie die Erde u. s. w.; die Farben der Körper im Sonnenlichte verdanken diesen Eigenschaften der Körper ihre Entstehung.

Wo aber bleibt nun das verschluckte Licht? So lange der Körper erleuchtet ist, kommt es nicht wieder zum Vorscheine, ebensovienig erscheint es, wenn der Körper des Nachts im Dunkeln betrachtet wird, sofern wenigstens der Körper nicht phosphorescirt. Das verschluckte Licht leuchtet also nicht mehr; es hat aufgehört, Licht zu sein, es ist etwas anderes geworden, nämlich Wärme. Es ist eine bekannte Tatsache, dass jeder Körper, welcher Licht verschluckt, durch das Licht heiss wird. Jeder kennt die Hitze, welche der Sonnenschein giebt, jeder die Tatsache, dass schwarze Kleidung, welche viel Licht verschluckt, mehr im Sonnenscheine aufnimmt, als weisse, welche wenig verschluckt. Die Etherschwingungen des Lichtes verwandeln sich also in dem Körper, der Licht verschluckt, in Wärme, d. h. in Schwingungen der Körperteile und gehen als Licht für das Auge verloren.

Das zurückgeworfene Licht und das durchscheinende Licht dagegen werden nicht Wärme, sondern bleiben Licht. So dringen z. B. die Lichtwellen durch ein Brennglas, ohne es zu erwärmen, erhitzen aber den ersten undurchsichtigen Körper, den sie treffen, und zwar um so stärker, je mehr Lichtwellen er verschluckt, so erwärmen die Lichtwellen nicht den Brennspegel, der alle Lichtwellen zurückwirft, wohl aber den ersten undurchsichtigen Körper, in den diese zurückgeworfenen Lichtwellen eindringen.

Dies führt uns zu der wissenschaftlichen Unterscheidung von Licht und Wärme. Wir haben bisher die Schwingungen der Etherntheile, wenn keine Körperteile mitschwingen, Licht, die Schwingungen der Körperteile dagegen Wärme genannt. Andererseits aber haben wir bereits bemerkt, dass das sichtbare Licht nur diejenigen

Wellen der Etherteile umfasst, deren Länge in die engen Grenzen von 393 bis 760 Milliontel Millimeter eingeschlossen ist; alle längern oder kürzern Wellen der Etherteile sind für das menschliche Auge unsichtbar. Dennoch giebt es auch solche unsichtbaren Wellen der Etherteile. Jeder warme Körper, z. B. der Ofen, verbreitet bekanntlich rings um sich Wellen, welche genau denselben Gesetzen unterliegen wie die Lichtwellen, durch Luft, Glas und andere durchscheinende Körper hindurchdringen, durch Brenngläser sich sammeln lassen, durch Spiegel zurückgeworfen werden. Auch diese Wellen, welche von dunkeln aber warmen Körpern ausgehen, haben wie die Lichtwellen die Eigenschaft, dass sie auch durch den leeren Raum gehen, der nur mit Ether, nicht aber mit Körperteilen erfüllt ist, wie die Ausstrahlung der warmen Körper auf der Erde während der Nacht beweist, und dass sie mithin reine Ether-Schwingungen sind, dass auch sie sich mit einer gleichen Schnelligkeit wie die Lichtwellen verbreiten, dass auch sie durch durchsichtige oder diathermane Körper hindurchgehen oder von Spiegeln zurückgeworfen werden, ohne sie zu erwärmen, dass auch sie dagegen den ersten undurchsichtigen Körper erwärmen, welcher jene Wellen verschluckt. Auch diese dunkeln Wellen der Etherteile sind also nichts anderes als Licht, wenn auch unsichtbares Licht. Freilich ist es Sitte geworden, dieselben Wärmewellen zu nennen, und neben der Wärmeleitung noch eine Wärmestrahlung zu unterscheiden; aber dies ist fehlerhaft und unwissenschaftlich. Ist das sichtbare Licht, d. h. die Schwingung der Etherteile ohne Mitschwingung von Körperteilen keine Wärme, so ist auch das unsichtbare Licht, in welchem auch nur Etherteile schwingen, keine Wärme; dieses unsichtbare wie das sichtbare Licht werden vielmehr erst Wärme wenn sie in einen Körper eindringen, der sie verschluckt, d. h. in dem die Körperteile mit den Etherteilen mitschwingen. Nennen wir die Wellen des Ethers, welche sich im Ether des Weltraumes mit einer Schnelligkeit von etwa 300 Millionen Meter in der Sekunde ausbreiten, Lichtwellen, so sind auch die Wellen des unsichtbaren Lichtes Lichtwellen und nicht Wärmewellen, welche letzteren sich in den Teilen der festen Körper und selbst in den Teilen einer Flüssigkeit langsamer ausbreiten als der Schall. Die sogenannten Wärmestrahlen der Körper sind also keine Wärme, sondern unsichtbares Licht.

Die Ausstrahlung der warmen Körper durch unsichtbares Licht ist aber nicht minder wichtig, als die durch sichtbares Licht. Jeder warme Körper strahlt nach allen Seiten Licht aus und kühlt sich,

wenn er heiser ist als die Umgebung, ab, wenn er kälter ist, wird er warm. Ein reges Leben entsteht in dem Weltalle durch diese Ausstrahlung des Lichtes, ein lebendiger Wechselverkehr aller Körper bis in die fernsten Weiten.

Kein Körper ist übrigens schlechthin rückwerfend, oder schlechthin aufnehmend, sondern jeder wirft einen Teil zurück, selbst die Luft, und jeder nimmt einen Teil auf, auch der beste Erzspegel. Dies führt uns zu einer neuen Eigentümlichkeit des Lichtes, zu der Ebnung oder Polarisation des Lichtes. Lässt man Lichtwellen auf eine glattgeschliffene Glastafel mit gleichlaufenden Flächen fallen, so kann man jede Lichtwelle auf zwei Ebenen abreisen oder projeciren, nämlich auf die Ebene, welche in der Linie des Lichtstrahles senkrecht auf der Glastafel steht und auf die Ebene der Glastafel selbst. Der erste Teil, der auf die Glastafel senkrechte Abriss der Lichtwelle wird zurückgeworfen und heist geebnetes oder polarisirtes Licht, der andere Teil, der mit der Glastafel gleichlaufende Abriss der Lichtwelle wird aufgenommen. Lässt man den ersten Teil des Lichtes auf eine zweite Glastafel fallen, welche so aufgestellt ist, dass das geebnete oder polarisirte Licht in einer mit der zweiten Glastafel gleichlaufenden Ebene kreift, so dringt dies Licht in die zweite Glastafel ein und wird nicht mehr zurückgeworfen, es ist durch die zweimalige Ebnung oder Polarisation ausgelöscht.

Man kann durch diese Versuche der Ebnung oder Polarisation des Lichtes auch die Gestalt der Lichtwellen feststellen; es ergiebt sich, dass das Licht in verschiedensten Ebenen in Ellipfen schwingt. Der ausgezeichnete Mathematiker A. L. Cauchy, *Mémoire sur la dispersion de la lumière*, Prag 1836, hat bewiesen, dass die Etherteilchen sich hiebei abstosen bez. anziehen, umgekehrt wie die vierten Höhen (Potenzen) ihrer Entfernung. Auch dies Gesetz muss billig wieder unser Erstaunen erregen. Nach dem Gesetze über die Abnahme der wirkenden Kraft mit der Ferne muss die Wirkung eines einfachen Weltwesens auf ein anderes stets abnehmen, wie das Quader der Entfernung zunimmt, und hier zeigt sich nun in Bezug auf die Etherteilchen ein ganz abweichendes Gesetz, für welches wir noch keine Erklärung wissen.

Was die Zahl der Etherteilchen betrifft, so ist zunächst einleuchtend, dass in jeder Lichtwelle des Ethers allermindestens ein Etherteilchen vorhanden sein muss, da sonst der leere Raum schwingen und Wirkungen ausüben müsste. Man muss also in jeder Lichtwelle

allermindestens ein Etherteilchen annehmen. Da nun die Lichtwelle 393 bis 760 Milliontel Millimeter lang ist, so ergibt sich, dass in dem Würfel von 400 Milliontel Millimeter Länge allermindestens ein Etherteilchen vorhanden sein muss und dass also in einem Würfelmillimeter des Ethers allermindestens 15625 Millionen, in einem Würfelmeter des Ethers allermindestens 15,625 Trillionen Etherteilchen enthalten sein müssen. Die Etherteilchen sind also jedenfalls sehr kleine Wesen. Wir haben hiermit die wesentlichsten Erscheinungen des Lichtes und daraus hervorgehend die wichtigsten Eigenschaften des Ethers kennen gelernt. Die überraschenden Gesetze der Etherteilchen sind darnach folgende:

Die Etherteilchen haben Masse und bringen in nächster Nähe die gewaltigsten Wirkungen auf die Körperwelt hervor, dagegen sind sie in der Ferne unwägbar, d. h. werden von den Körpern weder angezogen, noch abgestossen. Die Etherteilchen stossen sich gegenseitig ab, bez. ziehen sich an umgekehrt, wie die vierten Höhen (Potenzen) ihrer Entfernung.

Fragen wir nun, wie lassen sich diese merkwürdigen Eigenschaften des Ethers erklären, so ergibt sich leicht, dass die kleinsten Etherteilchen zusammengefasst sein müssen, d. h. nicht aus einfachen Wesen derselben Art bestehen können. Denn jedes einfache Wesen hat Masse, wie dies ja auch von den Teilchen des Ethers oben nachgewiesen ist, und übt daher Wirkungen aus. Zögen also alle diese einfachen Wesen des Ethers die Erde an, so müssten sie Wirkungen auf dieselbe ausüben oder von derselben empfangen, stiesen sie alle die Erde ab, so müssten gleichfalls Wirkungen hervortreten. Da aber der Ether in der Ferne von der Erde unwägbar ist, d. h. keine Wirkung empfängt oder ausübt, so muss er aus einfachen Wesen bestehen, von denen die einen ebenso stark anziehen, als die andern abstossen, und da alle Teile des Ethers sich hierin gleich verhalten, so muss jedes Etherteilchen aus einfachen Wesen bestehen, von denen die einen ebenso stark anziehen, als die andern abstossen. Da die Gleichheit der Anziehung und der Abstossung dieser einfachen Wesen aber für den ganzen Ether, wie für jeden auch noch so kleinen Teil desselben, namentlich auch für die Etherteilchen jeder kleinsten Lichtwelle gilt, so wird man auch annehmen müssen, dass in jedem Teilchen gleichviel anziehende einfache Wesen und gleichviel abstossende einfache Wesen gleicher Masse vorhanden sind, kurz dass jedes letzte Etherteilchen aus einem Paare von einfachen Wesen bestehe, von denen das eine die

Erde anzieht, das andere die Erde abstößt; denn nur diese Annahme ist einfach und stimmt zugleich mit der Erfahrung genau überein. Soll aber jedes Etherteilchen aus einem Pare gleichmassiger einfacher Wesen bestehen, so müssen diese durch irgend ein festes Band aneinander geknüpft sein, d. h. sie müssen sich gegenseitig anziehen.

Die einfachen Wesen des Ethers, in welche wir hiermit den Ether zerlegt haben, sind von mir zuerst nachgewiesen. Es ist notwendig, um wissenschaftlich von denselben reden zu können, dass sie einen Namen erhalten, durch den sie von allen anderen Wesen unterschieden werden können, ich führe sie daher in die Wissenschaft ein unter dem Namen „das Ewesen“, oder kurz das E und nenne das eine Ewesen das $+E$, das andere Ewesen das $-E$, die beiden Ewesen, welche sich im kleinsten Etherteilchen anziehen, das Epar.* Das Gesetz für die Beziehung dieser Ewesen zu den Körpern ist nun folgendes:

Jedes kleinste Etherteilchen besteht aus einem Pare von Ewesen, einem $+E$ und einem $-E$, welche beide gleicher Masse sind und von denen das eine von jedem Körper eben so stark angezogen wird, als das

* Das E, ahd. ēa, ēwa (w.), alfrief. ēwa, ē (w.), af. ēo (m.), mhd. ē, ēe, ēwe, sskr. eva (m.), in der ursprünglichen Form aiva (m.), stammt vom Urverb i, gehe, das noch im sskr., griech., latein. lit., kirchensl. und goth. erhalten ist und bezeichnet ursprünglich den Gang, daneben aber schon im Sanskrit das Gebahren, die Weise, Sitte, demnächst im Deutschen das Gesetz, die Norm und die durchs Gesetz festgestellte Verbindung zweier Wesen, die Ehe, sowie die endlos lange Zeit, die Ewigkeit. Da es nun die Eigentümlichkeit der obigen einfachen Wesen ist, dass sich je zwei zu einem Pare fest verbinden und gleichsam eine feste Ehe bilden, so ist der Name Ewesen für diese Wesen trefflich geeignet. Dazu kommt, dass man die Kräfte dieser Wesen in den wissenschaftlichen Werken bereits meist mit dem Buchstaben E bezeichnet und sie als $+E$ und $-E$ unterscheidet. Das Par dieser Wesen nenne ich dann ein Epar. Das eine der Ewesen, das $+E$, kann man dann auch, wenn man will, den Er oder das männliche Ewesen, das andere, das $-E$, die E oder das weibliche Ewesen nennen. Ein jeder kann dann das E lesen, wie es ihm beliebt.

Par, mhd. pār, par ist aus dem lat. par entlehnt, dies stammt vom Urverb par, sskr. paṇ, griech. pér-nēmi, tausche um. Das lat. Wort bezeichnet ein Wesen, das einem andern gleich ist, mit ihm umgetauscht werden kann. Das Par bezeichnet mithin zwei gleiche mit einander verbundene Wesen und ist für die Verbindung eines $+E$ und eines $-E$ oder eines Er und einer E die passendste Bezeichnung. Das Wort Par hat bereits deutsches Sprachrecht erlangt und ist davon bereits 1464 das Verb paren abgeleitet.

andere in gleicher Entfernung abgestossen wird; das Etherteilchen oder das Epar ist daher in der Ferne von den Körpern unwüghar, in nächster Nähe dagegen, wenn das angezogene Ewesen dem Körper näher steht, als das abgestosene, wirkt das Epar ganz wesentlich auf den Körper ein.

Die erste Anmerkung zeigt, wie diese Einwirkung des Etherteilchens auf das Körperwesen stattfindet.

Das Gesetz, dass sich die Etherteilchen gegenseitig abstossen bez. anziehen, umgekehrt wie die vierten Höhen (Potenzen) ihrer Entfernung, giebt uns ferner Auskunft über das Verhalten der einfachen Etherwesen oder Ewesen zu einander. In der That, wenn sich alle einfachen Ewesen gegenseitig anzögen, so müssten sich die Etherteilchen oder Epare auch gegenseitig anziehen umgekehrt wie das Quader der Entfernung, wie dies für die Körperwelt und für alle Wesen gilt, welche sich gegenseitig anziehen. Da dies Gesetz für die Etherteilchen nicht gilt, so können sich nicht alle Ewesen anziehen, sondern müssen gewisse Arten der Ewesen sich abstossen; denn ausser der Anziehung giebt es keine andere Beziehung der Wesen zu einander als die Abstosung. Nun ziehen sich die $+E$ und die $-E$ im Epare gegenseitig an und werden nur durch ihre gegenseitige Anziehung zu einem Epare vereinigt; also können sich nur die gleichartigen Ewesen gegenseitig abstossen, d. h. es stossen sich $+E$ und $+E$ gegenseitig ab und ebenso $-E$ und $-E$. Setzen wir nun einmal dies voraus und nehmen wir an, dass sich gleichartige Ewesen in derselben Entfernung ebenso stark abstossen als sich entgegengesetzte anziehen, so können wir nun die Wirkung zweier Epare auf einander berechnen. Die zweite Anmerkung giebt diese Rechnung. Sie ergiebt, dass sich die Epare gegenseitig abstossen bez. anziehen, umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) ihrer Entfernung, d. h. dass das von A. L. Cauchy aus den Gesetzen des Lichtes abgeleitete Gesetz gilt. Es ergiebt sich also daraus, dass unsere Annahme die richtige und aus dem Cauchy'schen Gesetze notwendig folgende ist. Streng wissenschaftlich wird dieser Satz in der dritten Anmerkung bewiesen.

Die Gesetze der Etherteilchen lassen sich nun durch mathematische Rechnung ableiten. Zunächst ergiebt sich aus der Rechnung der zweiten Anmerkung, dass die Entfernung der Ewesen im Epare sehr klein ist im Verhältnisse zu der Entfernung der Epare unter einander. Dennoch ist die Entfernung der Ewesen im Epare keinesweges

Null; denn, setzten wir in der Anm. $m = 0$, so wäre die Wirkung der Epare auf einander auch Null. Die Ewefen stehen also im Epare in bestimmter, wenn auch sehr kleiner Entfernung, sie ziehen sich aber gegenseitig an und werden sich daher einander nähern, da sie aber bereits in Bewegung sind, so werden sie (wenn sie sich nicht beide in derselben geraden Linie bewegen, was unter unendlich vielen möglichen Fällen nur ein einzelner und daher unendlich unwahrscheinlicher Fall ist) neben einander vorbei eilen und nun wie die beiden Sterne eines Doppelsternes um einander in elliptischen Bahnen kreifen. Der Schwung* der Bewegung wird dabei der Anziehungskraft ebenso das Gleichgewicht halten, wie dies bei der Bewegung der Sterne unsers Sonnenreiches oder eines Doppelsternes geschieht. Das Epar eines $+E$ und eines $-E$ wird durch diesen Kreislauf in elliptischer Bahn eine bestimmte Gröse erhalten, oder einen gewissen Raum einnehmen. Die Arbeit dieser Ewefen, die Schnelligkeit, mit der sie um einander kreifen, bestimmt die Gröse des Ebares.**

Aus der Rechnung der zweiten Anmerkung ergibt sich ferner, dass die gegenseitige Abstosung der Epare sich gerade verhält wie das Quader der Entfernung der beiden Ewefen im Epare, oder da beide in lebhaften Kreifen um einander schwingen, wie das Quader der grosen Achse des Kreifels (Ellipse), welchen sie beschreiben. Diese Achse entspricht dem Schwunge, mit dem die Ewefen des Pares um einander kreifen. Ist der Schwung Null, so ist auch die Achse Null, d. h. die Epare des Ethers stosen sich gar nicht ab, der Ether erfüllt dann keinen Raum. Je gröser der Schwung, um so gröser wird die Achse, um so stärker wird auch die Abstosungskraft des Ethers. Man kann mithin auch sagen: Die ganze Ausdehnung des Ethers ist die Wirkung der Arbeit der einzelnen Epare. Während das einfache Ewefen, wie wir

* Schwung stammt vom Urverb *svan*, sskr. *svan*, lat. *son-o*, töne, das in der Form goth. *singvan*, nhd. *singe*, gefungen, den Ton menschlicher Stimme, in der Form goth. *svingvan*, ahd. *svingan*, mhd. *swingen*, nhd. *schwinde*, geschwungen, andere Töne bezeichnet. Schwung ist also der Abstammung nach die schnelle, einen Ton erzeugende Bewegung.

** In Nummer 20 dieses Buches wird in den Anmerkungen 4—6 nachgewiesen, dass die Entfernung der beiden Ewefen im Epare 0_{15} Quinquilliontel mm, die Masse der beiden Ewefen im Epare $36\frac{1}{2}$ Sedecilliontel Gr. beträgt und dass die Epare im Ether 1240 Quadrilliontel mm von einander abstehen, so dass in 1 Würfelmillimeter 525 Decillionen Epare enthalten sind, welche zusammen 19200 Sexilliontel Gr. wiegen. Doch sind diese Zahlen nur erste rohe Annäherungswerte.

später sehen werden, gar keine Ausdehnung hat, wird also der Ether durch die Arbeit der Epare derjenige Stoff, welcher den grössten Raum einnimmt und das ganze Weltmeer bis an die Grenzen des Weltalls erfüllt. Der Gedanke, dass der Ether in seinen letzten Theilen aus Eparen bestehe, ist zuerst von meinem Bruder, dem Professor Hermann Grassmann, gefasst, von mir aufgenommen und zuerst in R. Grassmann, Körperlehre oder Atomistik, Stettin 1862, öffentlich dargestellt.

Das Gesetz für die Beziehung dieser Ewefen zu einander ist folgendes:

Gleichartige Ewefen stossen sich in gleicher Entfernung ebenso ab, wie sich die entgegengesetzten Ewefen anziehen. Die Epare stossen sich gegenseitig ab, umgekehrt wie die vierten Höhen (Potenzen) der Entfernung und haben eine Wellenschnelligkeit, welche ungefähr Millionmal so gros ist als die der Luft. Die beiden Ewefen des Eparen kreifen in schnellem Laufe um einander und ist die Grösse des Eparen allein durch den Schwung dieser Ewefen im Epare bestimmt.

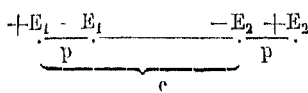
Anm. 1. Die Anziehung eines einfachen Wefens, z. B. eines Körperwefens auf ein Epar.

Bezeichne $+K$ ein einfaches Wefen (Körperwefen), $-E$ und $+E$ die beiden einfachen Ewefen eines Eparen, sei r die Entfernung des einfachen Wefens $+K$ von dem angezogenen Ewefen im Epare $-E$ und sei p die Entfernung der beiden Ewefen im Epare oder die des $-E$ vom $+E$, wo p sehr klein gegen r . Sei die Anziehungskraft des $+K$ gegen $-E$ bei der Entfernung Eins gleich h und die Abstosungskraft des $+K$ gegen $+E$ bei der Entfernung Eins gleichfalls h , und bezeichne H die Anziehungskraft des $+K$ gegen das Epar, so ist

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{h}{r^2} - \frac{h}{(r+p)^2} = h [r^{-2} - (r+p)^{-2}] \\
 &= h [r^{-2} - r^{-2} + 2r^{-3}p - 3r^{-4}p^2 + 4r^{-5}p^3 - 5r^{-6}p^4 \dots] \\
 &= \frac{h}{r^2} \left[2 \frac{p}{r} - 3 \left(\frac{p}{r} \right)^2 + 4 \left(\frac{p}{r} \right)^3 - 5 \left(\frac{p}{r} \right)^4 + \dots \right] \\
 &= \frac{h}{r^2} \sum_1 \left(-1 \right)^{a+1} \cdot (a+1) \cdot \left(\frac{p}{r} \right)^a \quad \text{Fortschreitungs faktor} = \frac{a+1}{a} \cdot \frac{p}{r}
 \end{aligned}$$

d. h. da p sehr klein gegen r ist, so kann man die folgenden Glieder unberücksichtigt lassen und erhält $H = \frac{2hp}{r^3}$.

Ann. 2. Die Einwirkung der Parwesen oder der Ethertheilchen auf einander.



Zeichn. 5.

Bezeichnen $+E_1$ und $-E_1$, $-E_2$ und $+E_2$ die Ewefen zweier Epäre und sei ihre gegenseitige Lage die Linienlage der nebenstehenden Zeichnung, bezeichne ferner c die Entfernung zwischen dem $+E_1$ und $-E_2$, wie zwischen $-E_1$ und $+E_2$, d. h. zwischen den anziehenden

Ewefen der beiden Epäre, und bezeichne p die Entfernung zwischen den Ewefen desselben Epäres, d. h. zwischen $+E_1$ und $-E_1$ wie zwischen $-E_2$ und $+E_2$, wo p gegen c sehr klein. Sei die Anziehungskraft entgegengesetzter Ewefen in der Entfernung Eins gleich e , und ebenso die Abstosungskraft gleicher Ewefen in der Entfernung Eins gleich e , und bezeichne F die Fernerungs- oder Abstosungskraft der beiden Epäre in der Linienlage, so ist

$$F = \frac{e}{(c-p)^2} + \frac{e}{(c+p)^2} - \frac{2e}{c^2} = e \left[(c-p)^{-2} - c^{-2} \right] + e \left[(c+p)^{-2} - c^{-2} \right]$$

und

$$(c-p)^{-2} - c^{-2} = c^{-2} + 2c^{-3} \cdot p + \frac{2 \cdot 3}{1 \cdot 2} c^{-4} \cdot p^2 + \frac{2 \cdot 3 \cdot 4}{1 \cdot 2 \cdot 3} c^{-5} \cdot p^3 + \frac{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} c^{-6} \cdot p^4 + \dots - c^{-2}$$

$$= \frac{1}{c^2} \left[2 \left(\frac{p}{c} \right) + 3 \left(\frac{p}{c} \right)^2 + 4 \left(\frac{p}{c} \right)^3 + 5 \left(\frac{p}{c} \right)^4 + \dots \right]$$

$$(c+p)^{-2} - c^{-2} = c^{-2} - 2c^{-3}p + \frac{2 \cdot 3}{1 \cdot 2} c^{-4}p^2 - \frac{2 \cdot 3 \cdot 4}{1 \cdot 2 \cdot 3} c^{-5}p^3 + \frac{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} c^{-6}p^4 - \dots - c^{-2}$$

$$= \frac{1}{c^2} \left[-2 \left(\frac{p}{c} \right) + 3 \left(\frac{p}{c} \right)^2 - 4 \left(\frac{p}{c} \right)^3 + 5 \left(\frac{p}{c} \right)^4 - \dots \right]$$

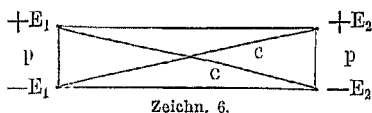
mithin

$$F = \frac{2e}{c^2} \left[3 \left(\frac{p}{c} \right)^2 + 5 \left(\frac{p}{c} \right)^4 + 7 \left(\frac{p}{c} \right)^6 + \dots \right]$$

$$F = \frac{2e}{c^2} \cdot \sum_1 (2\alpha + 1) \left(\frac{p}{c} \right)^{2\alpha}$$

$$\text{Fortschreitungs faktor} = \frac{2\alpha + 1}{2\alpha - 1} \cdot \frac{p^2}{c^2}$$

Da hier p gegen c sehr klein ist, so kann man die folgenden Glieder unberücksichtigt lassen und erhält $F = \frac{6ep^2}{c^4}$.



Zeichn. 6.

Sei die gegenseitige Lage der Epäre die Gleichlage der nebenstehenden Zeichnung und bezeichne c , p , e und F dasselbe wie oben, wobei wir dem F nur für die Gleichlage das Zeichen F' geben, so ist nach den in der Ausdehnungslehre

entwickelten Gesetzen räumlicher Zufügung (Addition)

$$F' = \frac{e(c+p)}{(c^2-p^2)^{3/2}} + \frac{e(c-p)}{(c^2-p^2)^{3/2}} - \frac{2ec}{c^3} = \frac{2e \cdot c}{(c^2-p^2)^{3/2}} - \frac{2e \cdot c}{c^3} = 2ec \left[(c^2-p^2)^{-3/2} - c^{-3} \right]$$

$$= 2ec \left[c^{-3} + \frac{3}{2} c^{-5} \cdot p^2 + \frac{3/2 \cdot 5/2}{1 \cdot 2} c^{-7} \cdot p^4 + \frac{3/2 \cdot 5/2 \cdot 7/2}{1 \cdot 2 \cdot 3} c^{-9} \cdot p^6 + \dots \right] - 2ec \cdot c^{-3}$$

$$= 2ec \left[\frac{3}{2} c^{-5} \cdot p^2 + \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 4} c^{-7} \cdot p^4 + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7}{2 \cdot 4 \cdot 6} c^{-9} \cdot p^6 + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} c^{-11} \cdot p^8 + \dots \right]$$

$$F' = \frac{2e}{c^2} \left[\frac{3}{2} \left(\frac{p}{c} \right)^2 + \frac{3.5}{2.4} \left(\frac{p}{c} \right)^4 + \frac{3.5.7}{2.4.6} \left(\frac{p}{c} \right)^6 + \frac{3.5.7.9}{2.4.6.8} \left(\frac{p}{c} \right)^8 + \dots \right]$$

$$= \frac{2e}{c^2} \cdot \frac{3.5.7.9 \dots (2a+1)}{2.4.6.8 \dots (2a)} \left(\frac{p}{c} \right)^{2a} \quad \text{Fortschreitungs faktor} = \frac{2a+1}{2a} \left(\frac{p}{c} \right)^2.$$

Da hier p gegen c sehr klein ist, so kann man die folgenden Glieder unberücksichtigt lassen und erhält $F' = \frac{3 \cdot e p^2}{c^4}$.

Die Abstosungskraft zweier Epare verhält sich also bei obiger Lage umgekehrt, wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung, und ebenso verhält sich die Anziehungskraft bei der entgegengesetzten Lage dieser Ewefen.

Anm. 3. Der strenge Beweis für die Zusammenfassung des Ethers aus Eparen, eines $+E$ und eines $-E$.

Die in der Nummer vorgetragene Lehre, dass jedes Etherteilchen aus einem Pare einfacher Wesen, einem $+E$ und einem $-E$ bestehe, von denen die gleichartigen Wesen sich gegenseitig abstosen, die entgegengesetzten sich gegenseitig anziehen, ist neu und entbehrt noch der allgemeinen Anerkennung; es erscheint daher geboten, für dieselbe einen streng wissenschaftlichen Beweis zu führen. Ich erlaube mir diesen strengen Beweis in dieser Anmerkung zu geben.

1. Jedes Wesen im Raume muss eine bestimmte Masse, ungleich Null haben.

Wesen haben wir das genannt, was Wirkungen ausübt und empfängt. Die Wirkung ist aber gleich dem Zeuge (Product) der Massen geteilt durch das Quader der Entfernung, d. h. sie ist $\frac{m_1 m_2 a}{r^2}$, wo $a \geq 0$ die Wirkung der Gewichtseinheit auf die Gewichtseinheit in der Entfernung eins ist. (Nummer 7. Gesetz 1.)

Hätte nun das Wesen nicht eine bestimmte Masse ungleich Null, sondern wäre seine Masse Null, so wäre auch die Wirkung Null, mithin wäre das Wesen kein Wesen, denn es könnte keine Wirkung ausüben oder empfangen.

2. Jedes einfache Massewesen, welches von einem andern einfachen Massewesen oder von einer Summe einfacher Wesen derselben Art in einer Entfernung angezogen wird, muss auch in jeder anderen Entfernung von letzterm angezogen werden, und ebenso bei der Abstosung.

Dieser Satz folgt unmittelbar aus der obigen Formel; denn m_1 , m_2 und a bleiben bei denselben Massewesen auch dieselben Größen mit denselben Werten. Die einzige Gröse, welche sich mit der Entfernung ändert, ist r . Sei diese nun positiv oder negativ, so bleibt r^2 stets positiv, die Wirkung des einen Wesens auf das andere, d. h. $\frac{m_1 m_2 a}{r^2}$ kann also bei den verschiedensten Entfernungen nie das Zeichen ändern, der Satz ist demnach bewiesen.

3. Ein Massewesen, welches in der Nähe von einem andern Massewesen angezogen oder abgestosen wird, in der Ferne aber ohne Wirkung, d. h. unwägbar oder imponderabel ist, ist notwendig zusammengesetzt. Und zwar besteht dies zusammengesetzte Wesen aus zwei Arten einfacher

Wesen, von denen die eine Art ebenso stark angezogen wird, wie die andere abgestossen wird, und deren Massen gleich sind.

Ein Massewesen c , welches die in dem Satze angegebenen Eigenschaften hat, dass es in der Nähe von einem andern Massewesen angezogen bez. abgestossen wird, in der Ferne aber unwägbar oder imponderabel ist, ein solches Massewesen kann nach dem vorigen Satze unmöglich einfach sein; denn wäre es einfach, so müsste es auch in der Ferne angezogen bez. abgestossen werden und könnte unter keinen Umständen ohne Wirkung oder unwägbar sein. Jedes Wesen, welches nicht einfach ist, ist aber zusammengesetzt. Das Massewesen c ist also zusammengesetzt. Das Massewesen c soll aber die Eigenschaft haben, dass es in der Ferne unwägbar oder wirkungslos ist; dies ist nur möglich, wenn in der Ferne die eine Art d der in c zusammengesetzten Wesen angezogen, die andere Art e der in c zusammengesetzten Wesen abgestossen wird und sich beide das Gleichgewicht halten. Sei also die Wirkung der Masse der Wesen in d gleich m_1a , die der in e gleich m_2a (wobei die Wirkung der Gewichtseinheit in der Entfernung eins für beide gleich a gesetzt), so ist das Massewesen c in der Ferne, dann und nur dann unwägbar oder imponderabel, wenn

$$\frac{m_1m_2a}{r^2} - \frac{m_1m_3a}{r^2} = 0$$

d. h. wenn $m_2 = m_3$, was zu beweisen war.

4. Wenn in einer Masse auch die kleinsten Teilchen P in der Ferne unwägbar sind, so bestehen die letzten Teilchen aus Parwesen, d. h. jedes aus einem Paare einfacher Wesen $+E$ und $-E$, die beide gleicher Masse sind und von denen das eine von den anderen einfachen Massewesen ebenso stark angezogen wird, als das andere in der gleichen Entfernung abgestossen wird.

Wenn auch die kleinsten Teilchen P der Masse unwägbar bleiben, so ist nach dem Satze 3 die Masse der in P enthaltenen beiden Arten von Wesen E_2 und E_3 gleich und werden die Wesen der einen Art E_2 ebenso stark angezogen als die der entgegengesetzten E_3 abgestossen. Die kleinsten Teilchen (Molécules) der Masse sind aber die, welche nicht weiter in Wesen derselben Art geteilt werden können. In einer in der Ferne unwägbaren Masse bestehen diese aber aus einem Parwesen, d. h. aus einem E_2 und einem E_3 oder aus einem $+E$ und einem $-E$. Denn angenommen, es bestünde der kleinste Teil aus n einfachen Wesen E_2 und n einfachen Wesen E_3 , so könnte man diese zerlegen in n Paare

$$(E_2 + E_3) + (E_2 + E_3) + \dots + (E_2 + E_3)$$

die alle gleicher Art wären, es wäre also der Teil nicht ein kleinster Teil gewesen.

5. Wenn in einer Masse auch die kleinsten Teilchen in der Ferne unwägbar sind und also aus einem Parwesen, einem $+E$ und einem $-E$ bestehen, so ziehen sich die entgegengesetzten einfachen Wesen gegenseitig an und stossen sich

die gleichartigen einfachen Wefen gegenseitig ab, und umgekehrt.

In jedem solchen kleinsten Teile oder Parwesen müssen sich zunächst die entgegengesetzten einfachen Wefen, das $+E$ und das $-E$ gegenseitig anziehen; denn zögen sich dieselben nicht an, so müssten sie sich abstosen, da die Einwirkung einfacher Wefen auf einander nicht Null sein kann. Dann aber könnten sie nicht zu einem Pare verbunden sein; dann müssten sie sich von einander entfernen und könnten also nicht in einem kleinsten Teile verbunden bleiben. Die entgegengesetzten einfachen Wefen, das $+E$ und das $-E$, müssen also einander anziehen.

Die gleichartigen einfachen Wefen, die $+E$ und die $+E$, und ebenso die $-E$ und die $-E$, dagegen müssen sich abstosen. Denn da das Parwesen oder der kleinste Teil der Masse unwägbare sein soll, so muss von jedem einfachen Wefen z. B. dem $+E$ das eine einfache Wefen im Parwesen ebenso stark angezogen werden, als das andere in gleicher Entfernung abgestosen wird. Nun wird das $-E$ vom $+E$ angezogen, also wird das $+E$ vom $+E$ ebenso stark abgestosen. Umgekehrt, wenn die gleichartigen einfachen Wefen sich abstosen und die entgegengesetzten sich anziehen, so wirkt das eine einfache Wefen, z. B. $+E$ auf das $-E$ ebenso stark anziehend, als auf das $+E$ in gleicher Entfernung abstosend und muss also jedes Parwesen, d. h. ein $+E$ und ein $-E$ in der Ferne unwägbare oder imponderabel sein.

6. Die Anziehung bez. die Abstosung eines einfachen Massewesens auf ein Parwesen verhält sich umgekehrt wie der Würfel der Entfernung und ist daher in der Ferne verschwindend, und umgekehrt, wenn die Wirkung eines einfachen Massewesens auf ein anderes Wefen sich umgekehrt verhält, wie der Würfel der Entfernung, so besteht letzteres in seinen kleinsten Teilen aus Parwesen.

Der erste Teil ist in der ersten Anmerkung zu dieser Nummer mathematisch bewiesen und bleibt nur noch der zweite Teil zu beweisen. Wenn also die Einwirkung eines einfachen Massewesens auf ein anderes Wefen D sich umgekehrt verhält, wie der Würfel der Entfernung, so kann letzteres nicht aus lauter gleichartigen einfachen Wefen, d. h. nicht aus Wefen bestehen, welche alle angezogen oder abgestosen werden; denn in beiden Fällen müsste die Einwirkung abnehmen, wie das Quader der Entfernung. Das letztere Wefen D muss also aus entgegengesetzten einfachen Wefen zusammengesetzt sein und zwar müssen die beiden Arten entgegengesetzter Wefen gleich viel Masse haben; denn hätte die eine Art die Masse m_2 , die andere die Masse m_3 , so wäre die Einwirkung des einfachen Wefens mit der Masse m_1 in der Entfernung r auf das Wefen D gleich

$$\frac{m_1 m_2 a}{r^2} - \frac{m_1 m_3 a}{r^2} = \frac{m_1 a}{r^2} (m_2 - m_3) \text{ wo } m_2 - m_3 > 0$$

d. h. die Einwirkung verhielte sich wieder umgekehrt, wie das Quader der Entfernung, was gegen die Annahme ist. Das letztere Wefen D muss also aus gleich viel einfachen Wefen entgegengesetzter Art, d. h. in letzten Teilen aus Parwesen bestehen und für diese gilt dann das Gesetz 6.

7. Die Einwirkung zweier Parwesen auf einander verhält sich umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung und umgekehrt, wenn die Einwirkung eines Wesens auf ein anderes sich umgekehrt verhält, wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung, so bestehen die beiden Wesen aus Parwesen.

Der erste Teil ist in der zweiten Anmerkung zu dieser Nummer bewiesen und bleibt also nur noch der zweite Teil zu beweisen. Wenn also die Einwirkung eines Wesens auf ein anderes sich umgekehrt verhält, wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung, so können nicht beide Wesen einfache Wesen, auch nicht die Teile der beiden Wesen Wesen derselben Art sein, denn dann verhielte sich die Wirkung umgekehrt, wie das Quader der Entfernung, was gegen die Voraussetzung ist. Es kann auch nicht das eine Wesen A zusammengesetzt, etwa ein Parwesen, das andere B aber einfach sein, denn dann verhielte sich die Wirkung umgekehrt, wie das Quader oder wie der Würfel der Entfernung (vergl. Satz 6), was wieder gegen die Voraussetzung wäre. Es muss also jedes der beiden Wesen A und B aus entgegengesetzten einfachen Wesen zusammengesetzt sein und zwar müssen in jedem der beiden Wesen A und B die beiden Arten entgegengesetzter Wesen gleich viel Masse haben. Denn hätte in A die eine Art die Masse m_1 , die andere m_2 , und hätte in B die eine Art die Masse n_1 , die andere n_2 , und sei die Entfernung des Wesens A von B gleich r , so ist die Einwirkung, wenn $m_1 - m_2 > 0$ und zugleich $n_1 - n_2 > 0$ ist

$$S = \frac{a}{r^2} (m_1 n_1 - m_1 n_2 - m_2 n_1 + m_2 n_2) \\ = \frac{a}{r^2} (m_1 - m_2) (n_1 - n_2), \text{ wo alle Größen ungleich Null,}$$

d. h. die Einwirkung des einen Wesens auf das andere verhält sich umgekehrt, wie das Quader der Entfernung, was gegen die Voraussetzung ist.

Sei ferner in dem einen Wesen A die Masse m der beiden Arten von Wesen gleich, d. h. bestehe dies Wesen aus Parwesen, sei dagegen die Masse der beiden Arten in dem andern Wesen ungleich, also $n_1 - n_2 > 0$, dann ist nach dem Gesetz 6 die Einwirkung der einen Art von Wesen auf die Parwesen in A gleich $\frac{mn_1 2pa}{r^3}$, die der anderen Art $-\frac{mn_2 2pa}{r^3}$, also die Gesamtwirkung des B auf A

$$S = \frac{2mpa}{r^3} (n_1 - n_2), \text{ wo alle Größen ungleich Null,}$$

d. h. die Einwirkung des einen Wesens auf das andere verhält sich umgekehrt, wie der Würfel der Entfernung, was wieder gegen die Voraussetzung ist.

Es müssen also die beiden Wesen A und B jedes gleich viel Masse der beiden Arten von Wesen enthalten, d. h. es muss jedes derselben aus Parwesen bestehen, und für diese gilt dann das Gesetz 7.

Der Ether, der in der Ferne unwägbar oder imponderabel ist, besteht also nach Gesetz 4 in seinen kleinsten Teilen aus Parwesen, d. h. aus einem Pare entgegengesetzter einfacher Wesen, einem $+E$ und einem $-E$, von denen sich nach Gesetz 5 gleichartige einfache Wesen abstosen und ungleichartige anziehen. Jeder Körper, der aus einer Art einfacher Wesen besteht, zieht das

Parwesen an oder stößt es ab umgekehrt wie der Würfel der Entfernung (Gesetz 6). Jedes Parwesen zieht das andere an oder stößt es ab umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung. Die Lehre der Nummer ist also mathematisch ganz streng bewiesen.

Anmerkung 4. Das Gewicht und die Schnelligkeit der Epare in einem Würfelmeter Ether.

Die Lichtwellen des Ethers bringen nach den ausgezeichneten Untersuchungen von Herschel und Pouillet im Sonnenscheine am Tage soviel Wärme zur Erde, dass sie in 12 Stunden oder in 43200 Sekunden auf 1 Quadermeter Fläche 3080 Kilogramm Wasser um 1° C. erwärmen.* In einer Sekunde erwärmen sie also auf 1 □Meter Fläche $a = 71,2963$ Gr. Wasser um 1° C. Nach Nummer 11 ist aber die Wärme, welche a Gramm um 1° C. erwärmt, gleich der Arbeit, welche das gleiche Gewicht aGr mit der Schnelligkeit 91,37654 Meter bewegt, oder da die Arbeit das Zeug oder Product des Gewichtes mit dem Quader der Schnelligkeit ist, so ist die Arbeit des Sonnenlichtes in einer Sekunde auf 1 Quadermeter Fläche $A = 71,2963 \times (91,37654)^2$ Gramm-Meter $= 595'301$ Gramm-Meter. In einer Sekunde schreitet aber das Licht um 310 Millionen Meter vor, es beteiligt sich also an dieser Arbeit die Masse Ether, welche in 310 Millionen Würfelmetern enthalten ist; auf 1 Würfelmeter Ether kommt mithin die Arbeit von 1920 Milliontel Gramm-Meter. Sei nun in 1 Würfelmeter die Masse des Ethers m und sei die Schnelligkeit desselben s, so ist

$$ms^2 = 1920 \text{ Milliontel Gramm-Meter.}$$

Hier würde man also die beiden Größen m und s kennen, wenn man eine derselben kennt. Babinet will nun die eine der beiden Größen, nämlich die Masse des Ethers ermittelt haben. Nach einer Notiz in Nath. Bühner, Kosmos, Bibel der Natur 1880, S. 163, will Babinet die Dichtigkeit des Stoffes der Kometen und entsprechend die Dichtigkeit des Ethers, verglichen mit der Dichte

der Erdluft von $0,76$ m Druck auf $\frac{1}{10^{125}}$ berechnet haben. Da nun ein Würfelmeter Wasser von 4° C. eine Million Gramm wiegt und die Erdluft von 0° C. und $0,76$ m Druck $773,3$ mal so leicht als Wasser ist, so wiegt ein Würfelmeter Erdluft 1293 Gr, und würde also ein Würfelmeter Ether eine Masse

$$m = \frac{1293}{10^{125}} \text{ Gr haben.}$$

Führt man diese Gröse für m in die obige Formel ein, so ergibt sich

$$s^2 = \frac{1920}{1293} \cdot 10^{125} \text{ Meter,}$$

mithin

$$s = 3,853463 \cdot 10^{59} \text{ Meter.}$$

Das Licht macht aber in einer Sekunde, wie wir in Nummer 9 sahen, 412 bis 797 Billionen Wellen oder im Mittel 500 Billionen Wellen. Auf eine Welle

* Der Wert giebt an, wieviel Arbeit das Licht an die Erde abgiebt; nicht aber wieviel Arbeit im Lichte enthalten ist. Der Wert ist demnach noch etwas zu klein, da es hier aber nur auf erste Annäherung ankommt, können wir den Wert unmittelbar einsetzen.

kommt mithin $\frac{1}{500}$ Billiontel Sekunde oder $\frac{1}{500}$ Billiontel der Weglänge von 8 Meter oder die Weglänge einer Lichtwelle müsste hienach

$$7707 \cdot 10^{37} \text{ Meter} = 77'070 \text{ Sexillionen Meter}$$

oder eine Quinquillion mal so gros fein als der Weg von der Sonne bis zur Erde. Die Berechnung des Herrn Babinet für die Masse des Ethers ist also gänzlich unrichtig. Wir kennen auch die Bewegungen im Ethermeere viel zu wenig, um diese einer Berechnung zu Grunde legen zu können.

Verlassen wir demnach den Weg des Herrn Babinet. Berechnen wir nicht die Masse des Ethers im unbekannten Ethermeere, sondern die Schnelligkeit der Etherbewegung in der auf der Erde zu beobachtenden Lichtwelle. Bekanntlich schwingt das Licht in queren oder transversalen Wellen, dabei dringt es aber durch ganz schmale Ritzen und Löcher von 1 mm Weite. Die Lichtwelle kann daher transversal höchstens eine Länge von 1 mm haben (denn, hätte sie eine grössere Länge, so würde sie in die Wände des Loches eindringen müssen und würde demnach hier verschwinden), longitudinal oder in der Linie des Lichtstrahles ist die Wellenlänge bekanntlich 393 bis 760 Milliontel mm. Die Weglänge L einer Lichtwelle des Sonnenlichtes ist daher auf der Erde 400 bis 1'000'000, im Mittel 20000 Milliontel mm oder $L = 20000 \cdot \alpha^{\pm 1}$ Milliontel mm, wo $\alpha = \text{Mittel } (1; 50)$, d. h. wo α zwischen 1 und 50 liegt.* Da nun das Licht in einer Sekunde im Mittel 500 Billionen Wellen macht, so ist die Schnelligkeit der Etherbewegung im Sonnenlichte auf der Erde 200 bis 500000 Millionen Meter, im Mittel 10000 Millionen Meter, oder sie ist

$$10000 \text{ Millionen} \cdot \alpha^{\pm 1} \text{ Meter und } \alpha = \text{Mittel } (1; 50),$$

d. h. wo α zwischen 1 und 50 ist. Führen wir diese Werte für s in die obige Formel ein, so ergibt sich

$$m = \frac{1920}{\text{Million} \left(10000 \text{ Million } \alpha^{\pm 1} \right)^2} \\ = 19_{,20} \times \alpha^{\mp 2} \text{ Quadrilliontel Gramm,}$$

wo m die Masse des Ethers in einem Würfelmeter ist, und $\alpha = \text{Mittel } (1; 50)$.

10. Die Egeetze oder die Gesetze der Elektrizität.

Es ist uns in der vorigen Nummer gelungen, den Ether in seine kleinsten Etherteile zu zerlegen, ja auch dieses Etherteilehen noch in ein Epar, bestehend aus einem $+E$ und einem $-E$, aufzulösen; aber es ist uns noch nicht gelungen, die Ewefen zu trennen, welche das Epar zusammensetzen, und die eine Art der Ewefen, sei es die

* Die Lichtstärke nimmt bekanntlich ab wie das Quader der Entfernung. Da nun der Halbmesser der Sonne 683_{,66} Millionen Meter, der Halbmesser der Erdbahn 146756 Millionen Meter misst, so ist die Lichtstärke an der Oberfläche der Sonne 46080 mal so stark als auf der Erde, die Schnelligkeit und die Weglänge einer Lichtwelle auf der Sonne aber $214\frac{2}{3}$ mal so gros als auf der Erde, d. h. sie ist auf der Sonne 0,086 bis 215 mm gros.

+E, sei es die -E, gefondert zur Erscheinung zu bringen und sie gefondert zu untersuchen. Es soll die Aufgabe dieser Nummer sein, diese Untersuchung zu führen.

Wir sahen in der vorigen Nummer, dass jeder Körper die eine Art der Ewesen in gleicher Entfernung ebenso stark anzieht, als er die andere abstößt. Im Uebrigen aber verhalten sich die Körper in Bezug auf das Licht und wahrscheinlich auch in Bezug auf die Ewesen sehr verschieden. Die einen Körper können die eine Art der Ewesen, die andern die andere Art der Ewesen anziehen, die einen können sie stark, die andern schwach anziehen. Reiben wir also verschiedene Körper an einander, so dass sie in recht nahe Berührung kommen, so dürfen wir hoffen, dass es uns gelingen werde, solche Körper aufzufinden, von denen der eine die +E, der andere die -E stärker anzieht, und sie dem andern Körper entreist, so dass wir dann jede Art der Ewesen gefondert untersuchen können.

In der That, schon die alten Griechen wussten, dass der Bernstein, wenn er gerieben wird, kleine Körperchen anzieht; sie nannten wahrscheinlich wegen dieser Eigenschaft diesen Stein *élektron*, d. h. Zugstein. Um 1600 n. Chr. hat nun W. Gilbert nachgewiesen, dass jede Glasstange oder jede Harzstange, z. B. eine Siegellack-Stange, mit Tuch gerieben, dieselbe Eigenschaft erhält, d. h. leichte Körper, etwa ganz kleine Papierstückchen, anzieht und dann wieder abstößt, ja dass sie diese Eigenschaft auch auf andere Körper übertragen kann. Die Körper, welche diese gleiche Eigenschaft mit dem *élektron* haben, nannte er, da er, wie alle Gelehrten damaliger Zeit, latein schrieb, *electricus*, die Eigenschaft selbst *electricitas*.^{*} Die Lehre ist ausführlich dargestellt in Riess, Reibungselektrizität, Berlin 1853, Becquerel, *traité de l'électricité*, Paris 1855—56, Carl, Die elektrischen Naturkräfte, München 1871. Ich entnehme der Lehre nur die folgenden allgemein anerkannten Tatsachen und Gesetze.

^{*} Das griechische Wort *élektron* ist zweifelhaften Ursprunges. Wahrscheinlich stammt es vom Urverb *vark*, sskr. *vr̥ṣe*, zerreise, das in seiner Nebenform *valk* heist und furcht, schleppe, ziehe bezeichnet, griech. *vélk-ō*, lit. *velk-ū*. Die ursprüngliche Form wäre darnach *vélktron*, und bezeichnete es etwas, was zieht. Der Name ist ins Lat. übertragen und heist hier *electrum*. Von diesem Namen haben nun die deutschen Gelehrten des 17. Jahrhunderts n. Chr., die bekanntlich latein schrieben, das barbarische Wort *electricus* gebildet und damit die Körper als solche bezeichnet, welche dem Bernstein ähnlich sind, bernsteinartig sind, die Eigenschaft selbst aber *electricitas* genannt.

Befestigt man auf einem gut getrockneten Glasständer eine Erzwalze oder ein längliches Erzblech, dessen Enden umgebogen sind, so hat man einen Sammler oder Conductor. Bestreicht man nun das Erz dieses Sammlers wiederholt mit der geriebenen Glasstange, so erhält jetzt das Erz die Eigenschaft, leichte Körper anzuziehen, verliert diese Eigenschaft aber sofort, wenn man das Erz mit einem Finger oder sonst einem Körper ausser dem Glase oder Harze, etwa mit einem Erze berührt. Man sagt deshalb, das Erz und der Finger leiten diese Eigenschaft, Glas und Luft halten sie fest oder isoliren sie.

Nimmt man statt der Glasstange eine kreisförmige Glasscheibe, welche sich um eine Achse dreht, nimmt man statt des Tuches auf jeder Seite lederne Reibkissen, welche mit Queckzinn bestrichen sind, und giebt man der Erzwalze des Sammlers zwei eiserne Arme, welche die Glasscheibe seitwärts nahe berühren, so erhält man ein Werkzeug, welches, gedreht, beliebige Massen jener Eigenschaft erzeugt und an den Sammler abliefern. Nähert man jetzt einen Körper der Erzwalze, so zieht diese nicht nur viel grössere Körper an, sondern giebt auch lange Funken, welche im Finger ein heftiges Stechen erzeugen. Dies Werkzeug, Elektrisir-Maschine genannt, ist von Otto von Guericke in seiner ersten unvollkommenen Gestalt 1672 erfunden.

Die Entdeckung der Elektricität erregte das grösste Aufsehen. Die Elektricitäten, welche man auf den Erzwalzen sammelte, waren auf der Erzwalze weder sichtbar, noch veränderten sie das Gewicht der Erzwalze, die Gelehrten hielten sie daher zunächst für Eigenschaften. Da aber Eigenschaften und Anziehungskräfte nicht wandern können, wenn nicht Wesen da sind, an denen sie haften, so müssen also kleine Massewesen bei der Reibung hervortreten, welche auf die Erzwalze hinüber wandern, von dem Glase und der Luft aber festgehalten werden. Man kann diese kleinen Massewesen vorläufig und bis man ihre Eigentümlichkeiten kennen gelernt hat, elektrische Wesen nennen.

Die elektrischen Wesen treten also bei dem Reiben des Glases hervor, wandern bei der Berührung auf den Sammler über und können hier so lange beobachtet werden, als sie vom Glase und der Luft festgehalten werden und keinen Ausweg finden zum Entrinnen. Hängt man an die Erzwalze des Sammlers zwei Fäden von Goldschaum unmittelbar neben einander und füllt nun den Sammler mit elektrischen Wesen von der Glasstange, so treten die Goldschaumfäden weit aus einander. Die elektrischen Wesen, welche die Erzwalze füllen, wandern nämlich auf die Goldschaumfäden und stossen sich hier ab, die Gold-

schaumfäden entfernen sich daher von einander. Wir haben hier also bereits Wesen entdeckt, welche sich gegenseitig abstosen. Nähert man dann die Glasstange den beiden Fädchen, so werden sie durch die elektrischen Wesen der Glasstange gleichfalls abgestosen. Nähert man dagegen jener Erzwalze eine geriebene Harzstange, so werden die elektrischen Wesen der Goldschaumfädchen von den elektrischen Wesen der Harzstange angezogen.

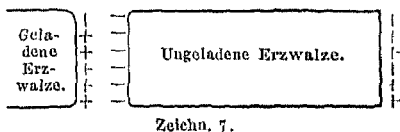
Füllt man den Sammler mit den elektrischen Wesen einer geriebenen Harzstange, so tritt wieder dieselbe Erscheinung hervor, auch hier stosen sich die Goldschaumfädchen ab, auch hier stosen die elektrischen Wesen der Harzstange die Goldschaumfädchen ab, dagegen werden die elektrischen Wesen der Goldschaumfädchen von denen einer Glasstange angezogen.

Es giebt, wie man hieraus ersieht, zwei Arten von elektrischen Wesen; das elektrische Wesen des Glases nennt man das $+E_1$, das des Harzes nennt man das $-E_1$. Die obigen Versuche geben uns zugleich das erste Gesetz der elektrischen Wesen.*

Gleichartige elektrische Wesen stosen sich ab, entgegengesetzte ziehen sich an.

Nähert man einer ungeladenen Erzwalze, welche auf Glasfüßen ruht und an deren beiden Enden je 2 Goldschaumfäden aufgehängt sind, eine zweite Erzwalze, welche eine Art der elektrischen Wesen trägt, oder mit einer Art elektrischer Wesen geladen ist, ohne die erstere zu berühren: so zeigen beide Enden der ungeladenen Walze während der Näherung elektrische

Wesen. Die Goldschaumfäden stosen sich ab, und zwar zeigt das der geladenen Walze zugewandte Ende die entgegengesetzten, das abgewandte Ende gleichartige elektrische



Wesen mit der geladenen. Auf der Walze, welche bisher keine elektrischen Wesen zeigte, treten also durch Annäherung eines mit elektrischen Wesen (z. B. $+E_1$) geladenen Körpers plötzlich beide Arten der elektrischen Wesen, $+E_1$ und $-E_1$ hervor. Von diesen werden die $-E_1$ durch die $+E_1$ des geladenen Körpers angezogen und ge-

* Ich bezeichne die elektrischen Wesen vorläufig mit E_1 , um sie von den Ewesen des Ethers zu unterscheiden, bis dahin, dass der wissenschaftliche Beweis geführt ist, dass sie mit letzteren vollkommen gleich sind.

bunden, die $+E_1$ des bisher ungeladenen Körpers werden nach dem entgegengesetzten Ende abgestossen und sind hier frei. Berührt man dies Ende mit einem leitenden Körper, so werden die $+E_1$ abgeleitet. Entfernt man sodann die geladene Walze, so zeigt die bisher ungeladene Walze $-E_1$; es sind dies die $-E_1$, welche bisher durch die $+E_1$ der geladenen Walze gebunden waren und nun nach Entfernung jener frei werden. Bei Berührung mit einem leitenden Körper werden auch sie wieder abgeleitet.

Es giebt dies das zweite Gesetz der elektrischen Wesen.

Jeder Körper besitzt beide Arten der elektrischen Wesen, $+E_1$ und $-E_1$, und zwar beide in gleicher Menge. Je zwei entgegengesetzte elektrische Wesen binden sich aber und kommen daher nicht zur Wahrnehmung. Durch Annäherung eines Körpers, der mit einer Art der elektrischen Wesen geladen ist, werden beide Arten teilweise getrennt, die gleichartigen elektrischen Wesen werden abgestossen, die entgegengesetzten werden angezogen, beide Arten kommen nun zur Wahrnehmung.

Hiermit haben wir zugleich nachgewiesen, wie die Reibungs-Elektricität entsteht, d. h. wie es kommt, dass bei der Reibung des Glases und des Harzes die elektrischen Wesen zum Vorscheine kommen. Auf der Glasscheibe sind beide Arten der elektrischen Wesen vorhanden; bei der Reibung aber werden die $+E_1$ mehr von der Glasscheibe, die $-E_1$ mehr von dem Reibkissen angezogen, die $+E_1$ gehen daher vom Reibkissen auf die Glasscheibe und wandern von dieser auf den Sammler, die $-E_1$ dagegen gehen auf das Reibkissen und werden von diesem abgeleitet, stellt man aber das Reibkissen auf Glasfüße und fängt die elektrischen Wesen desselben in einem Sammler auf, so füllt sich dieser mit $-E_1$, und zwar entspricht die Menge dieser $-E_1$ genau denen $+E_1$ des ersten Sammlers. Verbindet man demnach die beiden Sammler, so vereinigen sich wieder je ein $+E_1$ und ein $-E_1$ und die elektrischen Wesen kommen nicht mehr zur Erscheinung.

Belegt man die beiden Seiten einer Glasplatte oder eines Glasgefäßes mit einem Blatte von Blei, aber so, dass beide Seiten durch Glas gefondert oder isolirt bleiben und leitet nun auf die eine Seite $+E_1$, auf die andere $-E_1$, so binden sich beide Arten, indem sie sich durch das Glas hindurch anziehen, ohne sich jedoch vereinigen zu

können. Man nennt ein solches Gefäß eine geladene elektrische Flasche oder Kleist'sche Flasche. Verbindet man beide Seiten durch einen Leiter und entladet die Flasche, so strömen nun beide Arten mit größter Schnelligkeit zusammen und vereinigen sich. Leitet man diesen Strom durch den menschlichen Körper, so giebt er einen heftigen Schlag, der bei gehöriger Stärke blitzartig wirken kann. Nach der Vereinigung der $+E_1$ und $-E_1$ treten sie nicht mehr in die Erscheinung, sondern es sind ein $+E_1$ und ein $-E_1$ zu einem E_1 paar vereinigt, ganz wie die $+E$ und $-E$ des Ethers zu einem E paar vereinigt sind.

Ganz entsprechende Erscheinungen erhält man bei der Berührungs-Elektrizität, d. h. wenn man zwei verschiedene Körper auch nur in recht innige Berührung bringt. Setzt man z. B. eine durch einen Glasfus abgefonderte Zinkplatte und eine ebenso abgefonderte Kupferplatte in recht innige Berührung und trennt sie dann wieder, so zeigt die Zinkplatte $+E_1$, die Kupferplatte $-E_1$. Freilich sind die beiden Arten der elektrischen Wesen in diesem Falle so gering an Zahl, dass sie nur schwer zu beobachten sind. Man erhält aber sehr gut wahrnehmbare Ergebnisse, wenn man die beiden durch Glasfüße abgefonderten Platten durch eine dünne Firnissschicht scheidet, und dann die ehernen Rückseiten der beiden Platten mittelst eines durch Seide abgefonderten Kupferdrahtes ehern verbindet. Nimmt man dann den Kupferdraht fort und trennt sodann die Platten, so zeigt die Zinkplatte wiederum $+E_1$, die Kupferplatte $-E_1$, diese elektrischen Wesen sind also wiederum an der Berührungsstelle von Zink und Kupfer getrennt; indem aber die $+E_1$ und die $-E_1$ an beiden Seiten der Firnissschicht sich gebunden haben, haben sich die elektrischen Wesen in jeder der Platten sehr gehäuft, die Elektrizität hat sich verdichtet.

Das Hervortreten der $+E_1$ im Zinke und der $-E_1$ im Kupfer kann offenbar nur darin seinen Grund haben, dass das Zink mehr die $+E_1$, das Kupfer mehr die $-E_1$ anzieht, dass daher an der Berührungsstelle der beiden Erze die beiden elektrischen Wesen der E_1 paar getrennt, die $+E_1$ dem Zinke, die $-E_1$ dem Kupfer zugeführt werden, und dass sich beide auf den trefflichen ehernen Leitern ungestört ausbreiten. Es würde diese Trennung der elektrischen Wesen an der Berührungsstelle der Erze ununterbrochen fortfahren, wenn nicht bald die gegenseitige Abstosung der freien $+E_1$ auf dem Zinke der Anziehung des Zinkes gleich würde und das Zuströmen neuer $+E_1$ verhinderte. Werden die $+E_1$ auf dem Zinke durch möglichste Näherung

an die $-E_1$ des Kupfers, wie bei dem zweiten Versuche, gebunden, so hört die gegenseitige Abstosung der $+E_1$ auf und neue $+E_1$ strömen wiederum in das Zink ein, bis abermals die gegenseitige Abstosungskraft der nicht gebundenen, freien $+E_1$ der Anziehungskraft des Zinkes gleich ist. Zwei Platten verschiedener Erze, welche ebern verbunden sind und auf diese Weise die elektrischen Wesen trennen oder die Elektrizität erregen, nennt man ein erregendes Plattenpar; wir werden, wenn nicht Anderes erwähnt wird, als Beispiel stets ein Plattenpar aus chemisch reinem Zinke und chemisch reinem Kupfer zu Grunde legen. Die Platte, welche freie $+E_1$ zeigt, nennt man die $-$ Platte, die andere, welche freie $-E_1$ zeigt, die $+$ Platte, so ist die Zinkplatte die $-$ Platte, die Kupferplatte die $+$ Platte.

Ganz dieselbe Erscheinung findet natürlich bei der Reibung statt, wenn man einen Körper durch einen andern reibt. Auch hier kommt es nur auf möglichst innige Berührung beider Körper an. Auch hier wird die Wirkung, wie im obigen Versuche, wesentlich verstärkt, wenn der eine der Körper mit der Erde in leitender Verbindung steht, nur muss der andere abgefondert oder isolirt sein und müssen die elektrischen Wesen in einer Erzwalze, dem Sammler oder Conductor, gesammelt werden; auch hier wird abermals die Wirkung sehr vermehrt, wenn beide Arten der E_1 wesen sich möglichst genähert werden und sich gegenseitig binden, wie in der innern und äusern Belegung der Kleistschen Flasche, indem dann nicht mehr das Zuströmen derselben E_1 durch die Abstosungskraft der gleichen E_1 verhindert wird.

Die elektrischen Wesen werden also nur frei und kommen nur zur Wahrnehmung, weil die verschiedenen Körper eine verschiedene Anziehungskraft zu den $+E_1$ und zu den $-E_1$ haben, und bei der Berührung zweier verschiedener Körper die $+E_1$ zu dem Einen, die $-E_1$ zu dem Andern strömen, bis die Abstosungskraft der gleichartigen elektrischen Wesen den Zufluss hindert.

Die elektrischen E_1 pare gehören übrigens wie der Ether zu den Unwägbarren oder Imponderabilien, die von der Erde nicht angezogen werden. Mag man eine Kleistsche Flasche auch noch so stark laden und noch so genau wiegen, so wird das Gewicht derselben dadurch doch nicht geändert. Andererseits fehlt es den elektrischen Wesen doch keineswegs an Masse; denn wie wir sahen, können die elektrischen Wesen einer geriebenen Glasstange leichte Körper heben und kann man unter dem geladenen Sammler kleine Puppen tanzen lassen, die Gewalt des Blitzes endlich ist allbekannt und von allen

geführt. Wäre nun die Masse der elektrischen Wesen Null, so wäre auch ihre Wirkung Null; denn da die Wirkung jedes Massewesens a auf ein anderes Massewesen b in der Entfernung eins gleich dem Zeuge oder Producte der beiden Massen $a.b$ ist, so wird, wenn die eine Masse Null wird, auch das Zeug ($a.b = 0.b = 0$) selbst Null. Da also die Wirkung nicht Null ist, so kann auch die Masse der elektrischen Wesen nicht Null sein.

Jedes elektrische Wesen hat mithin Masse und wird von jedem Körperwesen angezogen oder abgestossen. Wenn die elektrischen E_1 pare dennoch unwägbar sind, d. h. von der Erde nicht angezogen und nicht abgestossen werden, so muss dies seinen Grund darin haben, dass das eine E_1 wesen des E_1 pares ebenso stark von der Erde angezogen wird, als das andere abgestossen wird, und dass also die Erde auf das Par beider Wesen keine Wirkung ausübt.

Leitet man die durch Reibung hervorgerufenen und gesammelten elektrischen Wesen in einem gutleitenden Kupferdrahte fort, so findet man nach Wheatestone's Versuchen, dass der Strom der elektrischen Wesen in einer Sekunde 465 Millionen Meter durchläuft. An den Telegraphen-Drähten hat man entsprechend einen Strom der elektrischen Wesen von 180 Millionen Metern in der Sekunde beobachtet, nach dem Mittel aus beiden Beobachtungen hat also der Strom der elektrischen Wesen eine mittlere Schnelligkeit von 322 Millionen Metern in der Sekunde. Da nun die Schallwellen in der Luft nur eine Schnelligkeit von 333 Metern in der Sekunde haben, so ist die Schnelligkeit der elektrischen Wesen nahe eine Million (im Mittel 968000) mal so gross als die der Lufttheilchen. Die elektrischen Wesen zeigen also auch hierin eine überaus grosse Verschiedenheit von allem Körperlichen, dagegen stimmen sie in allen diesen Eigenschaften, namentlich auch im Dehnmasse (Elasticitätsmodul) mit den Ewesen des Ethers überein. Kurz die elektrischen $+E_1$ und $-E_1$ sind nichts anderes als die $+E$ und $-E$ des Ethers, welche wir in der Elektrizität nur von einander getrennt und dann gefondert untersucht haben.

Die elektrischen Wesen sind nichts anderes als die Ewesen des Ethers und dürfen daher auch nur Ewesen genannt werden. Die Kraft der Elektrizität muss daher Ekraft, ihre Gesetze müssen Egesetze genannt werden.

Da wir nun die beiden Arten der Ewesen getrennt untersuchen können, so können wir zunächst mittelst der Coulombschen Drehwage

die Gesetze der Anziehung und Abstosung dieser Ewesen feststellen. Es ergibt sich aus diesen Versuchen das folgende Gesetz:

Bei den Ewesen einer Art nimmt die Anziehung bez. Abstosung ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt oder die Anziehung bez. Abstosung verhält sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung.

Wir erkennen hieraus, dass wir es bei den Ewesen derselben Art mit lauter einfachen Wesen zu tun haben, welche sämtlich gleichmäßig anziehen, bezüglich abstosen.

Jedes Ewesen ist ferner der Sitz einer Anziehungskraft und einer Abstosungskraft, einer Anziehungskraft zu den entgegengesetzten, einer Abstosungskraft zu den gleichartigen Ewesen, und zwar sind beide gleich stark. Ist nur ein Ewesen da und ausser ihm keines, so zieht es weder an, noch stösst es ab. Die Anziehungskraft, beziehlich die Abstosungskraft treten erst ein, sofern ein zweites Wesen hinzukommt und richten sich wesentlich nach der Wesenheit dieses zweiten Wesens. Die Kräfte in dem Ewesen sind nur ein Vermögen (*dýnamis*), anzuziehen und abzustosen, erst durch das zweite Wesen, erst durch die Beziehung zu diesem entsteht die wirkende Kraft (*enérgeia*), und zwar, wenn es ein entgegengesetztes Ewesen ist, die Anziehungskraft, wenn es ein gleichartiges Ewesen ist, die Abstosungskraft; ohne das zweite Wesen entsteht gar keine Kraft. Es lässt uns dies einen tiefen Blick tun in das Gesetz aller Kräfte:

Jede Kraft entsteht nur durch die Beziehung zweier Wesen auf einander und ist selbst nur die gegenseitige Beziehung zweier Wesen auf einander, die aber abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. Die Art der Wesen bestimmt auch die Art ihrer Beziehung oder die Art der Kraft.

Die Vergleichung des Lichtes mit der Elektrizität ergibt, dass beide darin übereinstimmen, dass beide Bewegungen reiner Ewesen oder Etherwesen sind. Aber das Licht ist Eschwingung, d. h. die Schwingung der Epare ohne Trennung ihrer beiden Ewesen, der $+E$ und $-E$; dagegen ist die Ekraft oder die Elektrizität eine Escheidung, d. h. die Trennung und Wiedervereinigung dieser beiden Ewesen, des $+E$ und des $-E$ ohne Schwingung der ganzen Epare. Wird aber diese Trennung u. s. w. so lebhaft, dass dadurch die ganzen Epare in Mitschwingung geraten, so werden auch die Ströme der Ewesen leuchtend, so im Funken der Ewesen oder im elektrischen Funken, so bei

starker Luftverdünnung, wo diese Schwingung ungehemmt und leichter eintreten kann, wie z. B. beim Nordlichte, so beim Glühen der Drähte und Kohlenspitzen mit ihrem starken Lichte.

Die mathematischen Gesetze über das gegenseitige Binden der Ewesen im Epare und über die Trennung der beiden Arten von Ewesen durch Reibung oder Verteilung siehe in den Anmerkungen.

Anmerkungen.

1. Das Binden entgegengesetzter Ewesen im Epare.

Es ist eine bekannte Erscheinung, dass entgegengesetzte Ewesen, welche getrennt alle elektrischen Erscheinungen hervorbringen, gänzlich wirkungslos werden, sobald sich je zwei entgegengesetzte Ewesen zu einem Epare vereinigt haben. Das Epar erscheint unelektrisch, gleich als wären die Ewesen verschwunden oder als hätten sie plötzlich ihre elektrischen Eigenschaften, Anziehung und Abstosung, verloren. Dies bedarf der Erklärung.

Sei p die Entfernung der beiden Ewesen eines Epares, sei r die Entfernung des nächsten Epares $\frac{+E}{r} \frac{-E}{p} \frac{+E}{p}$ oder freien Ewesens, wo p gegen r sehr klein, so ist die Anziehung des $+E$ in dem Epare zu dem $-E$ sehr viel grösser, als die des freien $+E$, da die Anziehung abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, das $-E$ kann also nicht aus dem Epare ausscheiden, sondern ist bleibend an dasselbe gebunden. Ueberdies wird aber im Epare die Anziehung des $-E$ durch die Abstosung des $+E$ nahe aufgewogen und ist die Gesamtwirkung des Pares auf das freie $+E$

$$\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+p)^2} = r^{-2} - r^{-2} + 2r^{-3} \cdot p - 3r^{-4} \cdot p^2 + \dots = \frac{2p}{r^3}$$

da man die folgenden Glieder wegen Kleinheit des p auslassen kann, d. h. die Wirkung auf ein freies E nimmt ab, wie der Würfel der Entfernung.

Es ist nach dieser mathematischen Entwicklung nicht schwierig einzusehen, dass die Wirkung des einen Ewesens im Epare durch die des andern in demselben Pare nahezu aufgehoben wird und das Epar demnach als unelektrisch oder wirkungslos erscheint.

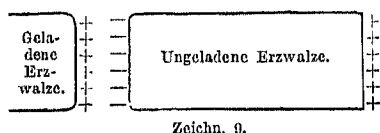
2. Die Trennung der beiden Arten der Ewesen durch Reibung.

Bei nächster Nähe, z. B. bei Reibung oder unmittelbarer Berührung zweier verschiedener Körper, von denen der eine die $+E$, der andere die $-E$ anzieht, wird nun das Verhältniss aber ein wesentlich anderes. Ziehe nämlich der eine Körper, der $+K$, die $-E$ an und stosse die $+E$ ab und ziehe der andere Körper, der $-K$, die $+E$ an und stosse die $-E$ ab, so werden bei dem $+K$ die $+E$ nach ausen stehen und die nach ausen stehenden $-E$ das $-K$ anziehen. Sei also wieder die Entfernung der Ewesen wie oben, so wird das $-E$ eines Epares einerseits von dem $+E$ desselben Epares in der Entfernung p , dagegen von den n $+E$ des $+K$ Körpers in der Entfernung r angezogen, ist also

$$\frac{n}{r^2} > \frac{1}{p^2} \text{ d. h. ist } n > \frac{r^2}{p^2}$$

so wird das $-E$ dem Epore geraubt. Bei hinlänglicher Näherung der Körper wird also eine Trennung der Epore stattfinden. Diese Trennung wird aber wesentlich noch gefördert, einerseits durch die grose Zahl der anziehenden $+E$ des berührenden Körpers, andererseits dadurch, dass Reibung und dabei lebhaftes Schwingung der Teilchen stattfindet, indem hierdurch nicht nur die Körperteilchen zeitweise näher an einander rücken, also r kleiner wird, sondern auch gleichzeitig die beiden Ewesen eines Epares lebhafter schwingen, d. h. zu Zeiten sich weiter von einander entfernen, d. h. p grösser wird.

3. Die Trennung der Ewesen durch Verteilung.



Auch bei der Trennung durch Verteilung ist es die grose Zahl der freien Ewesen, welche trotz der grösseren Entfernung die beiden Ewesen des Epares von einander trennt; die Formel ist dieselbe, wie in der vorigen Anmerkung.

Zweiter Abschnitt des Weltlebens: Das Arbeitsleben der Körper oder das Wärme- leben.

~ ~ ~ ~ ~

11. Die Wärme und die Arbeit.

Nachdem es uns gelungen ist, den Ether, welcher den ganzen Weltraum erfüllt, in seine kleinsten Teile aufzulösen und bis zu schlechthin einfachen Wesen, den Ewesen hinabzusteigen, so wenden wir uns nun zu den Körpern der Sterne und versuchen auch die Körper in ihre kleinsten Theilchen zu zerlegen. Freilich ist hier die Aufgabe eine ungleich schwierigere. Die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Körper auf der Erde ist bekannt, und wenn sie auch alle darin übereinstimmen, dass sie sich in der Entfernung anziehen, wie das Zeug oder Product ihrer Massen, geteilt durch das Quader ihrer Entfernung, so zeigen sie doch in nächster Nähe die grösste Verschiedenheit. Es wird die Aufgabe sein, genauer auf diese Verschiedenheit einzugehen, die Körper zu zerlegen und hiebei die Gesetze ihrer letzten Theilchen zu erforschen.

Wir untersuchen zu diesem Zwecke zunächst die Wärme; denn die Wärme ist es, welche einerseits dem Lichte am meisten entspricht und welche andererseits die gewaltigsten Wirkungen auf die Körper ausübt. Wir haben schon beim Lichte auf die gewaltigen Wirkungen hingewiesen, welche die Sonnenwärme auf der Erde hervorbringt. Ihr verdanken wir die Winde, welche über die Länder streichen, ihr das Verdunsten des Wassers und in Folge dessen die Regen, welche die Länder tränken, ihr das Wachstum der Pflanzen, aller Nahrungsmittel für die Tiere, ihr daher das ganze Leben der Pflanzen- und Tierwelt, ihr ebenso alles Holz und alle Kohle, kurz alle Heizstoffe für unsere Maschinen und Fabriken. Die Wärme ist also das Erste und das

Wichtigste, was wir für die Untersuchung der Körper und ihrer Teile betrachten müssen.

Die Wärmelehre oder Wärmetheorie ist von Fourier, von Poisson, später von J. R. Mayer, Clausius, Maxwell und Anderen so trefflich und streng wissenschaftlich bearbeitet, dass über die Gesetze der Wärme kein Zweifel obwalten kann. Ich kann hier auf die streng wissenschaftlichen Arbeiten dieser Männer verweisen, namentlich auf J. R. Mayer, *Die Mechanik der Wärme*, Stuttgart 1874; Clausius, *Die mechanische Wärmetheorie*, 1876; Maxwell, *Theory of heat*, deutsch, Braunschweig 1878. Ich begnüge mich hier damit, die streng wissenschaftlichen, von Allen anerkannten und für alle Zeiten festgestellten Ergebnisse dieser Wissenschaft soweit aufzuführen, als sie für die vorliegende Aufgabe erforderlich sind und für die folgende Untersuchung zu Grunde gelegt werden sollen.

Beim Gleichgewichte der Körperteilchen, d. h. wenn man die Körperteilchen weder durch Druck noch durch Zug verändert, sind die Wirkungen der Anziehungskräfte der Körperteilchen und die der Abstosungskräfte der letzten Masseteilchen einander gleich. Denn wären die Wirkungen der ersteren gröser, so müssten die Teilchen näher an einander rücken, und wären die Wirkungen der letzteren gröser, so müssten die Teilchen ferner von einander rücken. Drückt man den Körper oder presst man ihn durch das Gewicht D , so rücken die Teilchen soweit einander näher, bis die Wirkung der Abstosungskräfte der Teilchen gleich der Summe ist von den Wirkungen der Anziehungskräfte der Teilchen plus dem Gewichte des Druckes. Zieht man an einem Körper, z. B. einem Drate, indem man das Gewicht D anhängt, so entfernen sich die Teilchen des Körpers soweit, bis die Wirkungen der Anziehungskräfte der Teilchen gleich der Summe ist von den Wirkungen der Abstosungskräfte der Teilchen plus dem Gewichte des Zuges. Wird diese Summe gröser als die Wirkungen der Anziehungskräfte, so zerreist der Körper. Es beweisen diese Versuche, dass also in jedem Körperteilchen ebenso Abstosungskräfte, wie Anziehungskräfte ihren Sitz haben, dass aber die Abstosungskräfte nur in nächster Nähe wirken und dass ihre Wirkungen mit der Entfernung der Teilchen von einander viel schneller abnehmen als die der Anziehungskräfte, so dass man in weiteren Entfernungen nur die letzteren wahrnimmt.

Die Wärme ändert nun dieses Verhältniss; sie selbst besteht in einer lebhaften Schwingung der Körperteilchen; sie vermehrt mithin die Wirkungen der Abstosungskräfte und dehnt daher die Körper aus,

Jeder Körper dehnt sich aus, wenn er wärmer wird und zieht sich wieder zusammen, wenn er kälter wird; man kann daher die Wärme durch die Ausdehnung der Körper messen. Beobachtet man einen festen Körper, so bemerkt man, dass sich derselbe nur sehr wenig ausdehnt; an ihm ist daher die Wärme nur sehr schwierig und ungenau zu messen. Die flüssigen Körper dehnen sich zwar auch nur wenig aus; aber da die Teilchen beweglich sind, so kann man auch die kleinste Ausdehnung der Flüssigkeit beobachten, wenn man an eine etwas grosse Kugel eine ganz feine Röhre ansetzt, in welcher die Ausdehnung der Flüssigkeit beobachtet wird. Ein solches Werkzeug nennt man einen Wärmemesser oder ein Thermometer. Im Luft-Wärmemesser endlich dehnt sich Luft, welche durch ein Flüssigkeitsteilchen von der äusseren Luft abgesperrt ist, in einem Gefässe aus. Man hat nun beobachtet, dass alle Luftarten sich ganz gleich ausdehnen, dass mithin alle Luft-Wärmemesser mit einander übereinstimmen und richtig gehen, so lange keine Luft entweicht; da aber leicht Luft entweicht, so werden diese Wärmemesser leicht unrichtig. Der Queck-Wärmemesser aber stimmt mit dem Luft-Wärmemesser am besten überein, und ist daher allgemein in Gebrauch. Alle Wärmemesser sollen aber bei gleicher Wärme auch gleich viel Wärmegrade anzeigen, sie müssen also auch bei gleicher Wärme 0° zeigen, ob sie in Europa oder Amerika gefertigt sind. Es kommt also auf eine allgemein gültige Bestimmung des Nullpunktes an. Man hat nun beobachtet, dass Wasser stets bei derselben Wärme gefriert, und dass es, wenn nur der Druck der Luft sich gleich bleibt, stets bei gleicher Wärme kocht. Man schreibt daher beim Gefrierpunkte des Wassers 0° und beim Kochpunkte des Wassers unter einem Luftdrucke von 760 mm Queck 100° C. und teilt den Zwischenraum an dem Wärmemesser in 100 gleiche Teile, mit denen man den Wärmegrad genau messen und beobachten kann. Jede reine Luft dehnt sich bei jedem Grad Wärme um $0,003665$ des Raumes aus, den sie bei 0° C. hat. Sei R_0 der Raum der Luft bei 0° C., R_t der bei t° C. Wärme, so ist

$$R_t = R_0 (1 + 0,003665 t)$$

(Gasausdehnungsgesetz von Dalton).

Die Beobachtung erweist nun, dass die Wärme sich von Körperteile zu Körperteile ausbreitet; man nennt dies die Leitung der Wärme. In Bezug auf die Leitung der Wärme unterscheidet man gute Wärmeleiter, z. B. die Erze, und schlechte Wärmeleiter, z. B. Wolle, Papier. Die letztern wendet man an, um sich gegen Kälte zu

schützen, die erstern, um bei Kesseln und Kochgeräten die Wärme schnell verbreiten zu können.

Berührt man einen warmen Körper durch einen kalten, so wird der kalte Körper wärmer, der warme kälter; man nennt dies die Mitteilung der Wärme. Die lebhaften Schwingungen der Körperteile des warmen Körpers verfeizen nämlich die weniger schwingenden Körperteile des kalten Körpers in Mitschwingung und wirken so lange bewegend auf letztere ein, bis alle Körperteile gleich stark schwingen oder gleich warm sind, d. h. bis Gleichgewicht in der Bewegung herrscht.* Mengt man Stoffe von verschiedener Wärme, so erhält man die Gesetzze für die Mitteilung der Wärme:

Bei demselben Stoffe verhält sich die Wärmemenge, welche der erwärmte Körper aufnimmt, wie das Zeug oder Product des Gewichtes mit den Wärmegraden, um welche der Körper erwärmt wird.**

Wendet man verschiedene Stoffe an, so zeigt die Beobachtung, dass gleiche Gewichte der Stoffe verschiedene Wärmemengen gebrauchen, wenn sie um gleichviel Grade erwärmt werden sollen. So gebraucht z. B. ein Kilogramm Wasser neunmal soviel Wärme als ein Kilogramm Eisen, um gleich stark erwärmt zu werden. Man unterscheidet hienach für die verschiedenen Stoffe ihre Gewichtswärme und Raumwärme.

Gewichtswärme† ist die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit (1 Kil.) des Stoffes um 1° C. erwärmt.

Raumwärme ist die Wärmemenge, welche die Raumeinheit (1 Liter) des Stoffes um 1° C. erwärmt.

* Ausser der Leitung und Mitteilung der Wärme unterscheiden die Gelehrten noch strahlende Wärme, d. h. Wärme, welche durch den Ether fortgepflanzt wird, wo nur Epore schwingen. Nennt man aber die Schwingungen der Epore ohne Körperteilchen Licht, so ist auch die sogenannte strahlende Wärme nur Licht und muss Licht genannt werden, wie dies in Nummer 9 ausführlich nachgewiesen ist. Es muss dann aber unterschieden werden fichtbares Licht, für welches das menschliche Auge empfänglich ist, und unfichtbares Licht, welches das menschliche Auge nicht wahrnimmt.

** Mengt man z. B. a Kilogramm Wasser von m° C. mit b Kilogramm Wasser von n° C., so hat das Gemenge a + b die Wärme x, wo

$$x = \frac{am + bn}{a + b}.$$

† Die Namen spezifische Wärme für Gewichtswärme und relative Wärme für Raumwärme bezeichnen gar nicht das Wesen der Sache und müssen wissenschaftlich daher verworfen werden.

Die Gewichtswärme ist gleich der Wärme des Körpers, geteilt durch sein Gewicht; die Raumwärme ist gleich der Wärme des Körpers, geteilt durch seinen Raum, oder

$$\begin{aligned} \text{Gewichtswärme} &= \frac{\text{Wärme}}{\text{Gewicht}} & \text{Raumwärme} &= \frac{\text{Wärme}}{\text{Raum}} \\ \text{Raumwärme} &= \text{Gewichtswärme mal Raumgewicht} \\ &= \frac{\text{Wärme}}{\text{Gewicht}} \times \frac{\text{Gewicht}}{\text{Raum}}. \end{aligned}$$

Die Wirkung, welche die aufgenommene Wärme auf den Körper ausübt, ist die, dass sie den Körper ausdehnt. Das Gesetz der Ausdehnung durch die Wärme ist folgendes:

Jeder Körper, der Wärme aufnimmt, dehnt sich aus, und jeder Körper, der sich ausdehnt, nimmt Wärme auf.

Jeder Körper, der Wärme freigibt, zieht sich zusammen, und jeder Körper, der gepresst wird, gibt Wärme frei.

Am meisten nehmen die Körper Wärme auf, wenn feste Körper schmelzen oder flüssig werden und wenn flüssige Körper verdunsten oder luftförmig werden.

Jeder feste Körper nimmt beim Schmelzen eine bedeutende Wärmemenge auf, ohne auch nur um einen Grad wärmer zu werden, und jeder flüssige Körper giebt, wenn er erstarrt oder gefriert, eine bedeutende Wärmemenge frei, ohne selbst nur um einen Grad kälter zu werden.

Jeder flüssige Körper nimmt beim Verdunsten eine bedeutende Wärmemenge auf, ohne um einen Grad wärmer zu werden, und jeder luftförmige Körper giebt, wenn er niedergeschlagen wird, eine bedeutende Wärmemenge frei, ohne um einen Grad kälter zu werden.

Man nennt die verschiedenen Zustände der Körper: den luftförmigen, den flüssigen und den festen Zustand, die Aggregatzustände der Körper. Wir fügen zu den drei genannten Zuständen noch den zelligen Zustand hinzu und nennen die Körper der ersten beiden Zustände Wellkörper, die der beiden letzten Zustände Festkörper.

Wellkörper* (Flüssigkeit der Physiker) nennen wir jeden Körper, dessen Körperteile durch die Wärme soviel Bewegung erhalten haben, dass ein Körperteil um den andern schwingt und daher jeder Körperteil durch die leichteste Kraft um den andern geschoben oder bewegt werden kann, ohne eine bestimmte Gestalt zu behaupten. Luft und Flüssigkeit (tropfbare Flüssigkeit der Physiker) bilden die beiden Sorten der Wellkörper.

Die Luft ist ein Wellkörper, dessen Körperteile parabelartig d. h. so heftig schwingen, dass sie streben den ganzen Raum zu erfüllen, sofern kein Druck sie zurückhält. Die Körperteile der Luft prallen bei ihrem parabelartigen Laufe gegeneinander, stossen sich einer an dem andern und werden mit derselben Kraft zurückgeworfen, mit der sie anstossen, sie springen daher gegen die Wände des Gefässes, welches sie einschliesst. Nimmt die Luft den doppelten Raum ein, so stehen in demselben Raume nur halbsoviel Körperteile; es springen also auch nur halbsoviel Körperteile gegen dieselbe Wand oder bei dem doppelten Raume ist der Druck auf die Wand nur halb so gros, d. h. es gilt für die Luft das Gasdruckgesetz, gewöhnlich Mariotte-Gesetz genannt:

Die Gesetze der Luft sind folgende:

Bei der Luft verhält sich bei gleichem Wärmegrade der Raum umgekehrt wie der Druck, die Dichte gerade wie der Druck. (Gasdruckgesetz, Boyle 1662, Mariotte.)

Der Druck einer Luftsäule oder Atmosphäre ist gleich einer Säule von 760 Millimeter Queck oder

* Bei den Aggregatzuständen der Körper nennt man gewöhnlich die Luftarten und Flüssigkeiten mit gemeinfamem Namen Flüssigkeiten und unterscheidet die erstern als ausdehnbare, die letztern als tropfbare Flüssigkeiten. Dies ist jedoch fehlerhaft. Der Name Flüssigkeit wird von dem Volke stets nur von tropfbaren Flüssigkeiten gebraucht, nie von der Luft. Die Luft strömt wohl, aber sie fliest nicht. Ueberdies muss man für Luft und für tropfbare Flüssigkeiten einfache kurze Namen haben. Ich nenne daher beide gemeinfam im Gegensatze zu den festen Körpern mit einem neuen Namen: Wellkörper, d. h. solche Körper, bei denen jeder Körperteil durch jede kleine Kraft um jeden Körperteil bewegt werden kann und nenne nun die beiden Arten derselben Luft und Flüssigkeit. Die Körper, welche eine bestimmte Gestalt behaupten, nenne ich mit gemeinfamem Namen Festkörper und unterscheidet als beide Arten derselben die Gesteine (die zellofen oder unorganischen, deren Grundgestalt der Spat, das Parallelepipedon, ist), und die Gewächse (die organischen, deren Grundgestalt die Zelle ist). Ich erhalte auf diese Weise vier Formen oder Reiche der Körperwelt: Luft und Flüssigkeit, Gestein und Gewächs.

von $10\frac{1}{3}$ Meter Wasser oder er beträgt auf 1 □Millimeter $10\frac{1}{3}$ Gramme.

Das Raumgewicht der Erdluft ist bei 0° C. und bei einer Luftfäule Druck $\frac{1}{775,3}$ gegen Wasser; ein Liter derselben bei 0° C. wiegt 1,2932 Gramm, ein Liter Wasserdunst wiegt 0,08936 Gramm.

Setzt man den Raum bei 0° C. gleich Eins, so nimmt bei gleichem Drucke der Raum durch jeden Grad Erwärmung um $\frac{1}{273}$ (oder nahe um $\frac{3}{800}$) zu.

Die Druckwärme, d. h. die Wärme bei gleichem Drucke, ist bei allen reinen Luftarten das 1,405 (oder nahe das $\frac{7}{5}$)fache der Raumwärme, d. h. der Wärme bei gleichem Raume. (Druckraumgesetz.)

Die Luft ist, wie sich hieraus ergibt, der einfachste und zugleich niedrigste Zustand der Körperwelt.

Wird der Druck auf eine Luft so gros, dass die Schwingungen der Körperteile ihm nicht das Gleichgewicht halten, so verlieren die Körperteile ihren parabelartigen Schwung und rücken bis in nächste Nähe an einander. Die Körperteile kreifen dann so um einander, dass die Körperteile sich gleichsam berühren, d. h. bei noch weiterer Näherung sich gegenseitig abstossen und daher nicht zusammengedrückt werden können. Die Luft ist eine Flüssigkeit geworden. Die einzelnen Körperteile büßen bei diesem Uebergange einen grossen Teil ihrer Bewegung ein, da diese aber nicht verloren gehen kann, so geht sie auf andere Körper über, die dadurch erwärmt werden. Man sagt, die Wärme, welche bisher in der Luft gebunden war, wird frei. Ein Kilogramm Wasserdunst, das sich zu Wasser niederschlägt, giebt soviel Wärme frei, um 536 Kilogramm Wasser um einen Grad zu erwärmen.

Die Flüssigkeit (tropfbare Flüssigkeit der Physiker) ist ein Wellkörper, dessen Körperteile sich zwar noch durch jede kleine Kraft um einander bewegen lassen, aber andererseits sich sehr nahe berühren. Der Wasserdampf von der Dichte eines Luftdruckes nimmt, wenn er sich bei abnehmender Wärme zur Flüssigkeit niederschlägt, nur $\frac{1}{1700}$ seines Raumes ein, d. h., da $12 \times 12 \times 12 = 1728$ ist, die Körperteile stehen in der Flüssigkeit 12mal so eng an einander als in der Luft. Die Flüssigkeit wird auch beim stärksten Drucke nur äusserst wenig zusammengedrückt, so wird eine Säule Wassers, deren Querschnitt ein

Centimeter ist, durch das Gewicht von 1 Kilogramm nur um 50 Milliontheile ihrer Länge zusammengedrückt. Die Abstosungskraft der Körperteile nimmt mithin schon bei sehr geringer Näherung sehr bedeutend zu. Trotz der Schwingung der Körperteile, bei welcher jeder Körperteil um den andern kreiset, müssen daher die Körperteile sich doch sehr nahe berühren und sich bei weiterer Näherung der Körperteile sehr heftig abstosen und bald jedem beliebigen Drucke das Gleichgewicht halten. Aus dieser fast unmittelbaren Berührung der Körperteile der Flüssigkeiten und aus der leichten Verschiebbarkeit der Körperteile andererseits ergibt sich denn auch das leichte Eintreten chemischer Tätigkeiten bei der Mengung zweier Flüssigkeiten. Ein Liter Wasser wiegt bei 4° C. Wärme ein Kilogramm.

Verliert die Flüssigkeit soviel an Bewegung, dass ihre Körperteile nicht mehr um einander schwingen, so nimmt jeder Körperteil eine feste Lage neben dem andern an, in welcher er verharret. Der flüssige Körper wird fest. Wieder geht die Bewegung, welche die Körperteile bei diesem Uebergange einbüßen, in freie Wärme über. Ein Kilogramm Wasser, das gefriert und Eis wird, giebt soviel Wärme frei, um 79 Kilogramm Wasser um einen Grad zu erwärmen.

Festkörper heist jeder Körper, dessen Körperteile nicht mehr um einander schwingen, sondern in der Lage verharren, in welcher sie sind, so dass schon eine bedeutende Kraft dazu gehört, um diese Körperteile zu trennen oder die Gestalt des Körpers zu verändern. Auch bei den Festkörpern steigt die Abstosungskraft bei der Näherung der Teilchen sehr schnell und wächst bei hinlänglicher Näherung der Körperteile über jede Grenze. Andererseits vermag der feste Körper auch einem Zuge zu widerstehen, der seine Teilchen von einander trennen will. Bringt man z. B. an einen Draht eine Zugkraft an, etwa ein Gewicht, das ihn spannt, so dehnt sich der Draht aus; die Teilchen entfernen sich, bis der Draht wieder in Ruhe kommt. Dann ist in jedem Querschnitte des Drahtes die Anziehungskraft der Teilchen gleich der Summe aus der Abstosungskraft der Teilchen und der äusern Zugkraft. Vergrößert man die Zugkraft, so wird zuletzt eine Gröse erreicht, wo der Draht zerreist; die Anziehungskraft hat in diesem Augenblicke ihren Höhepunkt oder ihr Maximum erreicht; erst das Uebergewicht der Zugkraft über diesen Höhepunkt der Anziehungskraft bewirkt das Zerreißen. Gesteine und Gewächse bilden die beiden Sorten der Festkörper.

Das Gestein ist ein Festkörper, dessen Körperteile in nächster Nähe lagern und sich nach bestimmten Richtungen anziehen. Die Grundgestalt der Gesteine ist der Spät oder das Parallelepipedon.

Das Gewächs ist ein Festkörper, dessen Körperteile Fäden oder Häute bilden, welche von Flüssigkeit oder Luft erfüllte Räume umschliessen. Die Grundgestalt der Gewächse ist die Zelle. Die Zelle (cellula) selbst aber ist ein Körper, dessen äussere Wände eine Haut, die Zellhaut, bilden, welche einen Raum, die Zellhöhle, umgiebt und eindringenden und ausdringenden Flüssigkeiten und Luftarten den Durchgang gestattet. Die Zelle ist bereits der Sitz eines höheren Lebens. Jede Zelle besitzt bereits eine Zellhaut, die sie von der Aussenwelt scheidet, ein Zellfleisch, gleichsam die bewegenden Muskel der Zelle, und durch den aufgenommenen und ausgeschiedenen Saft eine Ernährung. Die Zelle ist dadurch die höchste Form der Körperwelt, die Grundform aller Pflanzen und Tiere, wie diese mit Kräften des Lebens ausgerüstet, zur Ernährung und Fortpflanzung geschickt, aber auch wie diese dem Tode und der Auflösung unterworfen. Die ersten drei Zustände der Körperwelt gehen durch Aufnahme oder Abgabe der Wärme aus einander hervor, der letzte, der der Gewächse, entsteht dagegen nur aus den zelligen Wesen der Fortpflanzung. Aber auch bei diesen höchsten Wesen der Körperwelt, bei den Gewächsen oder bei den Pflanzen und den Tieren ist jede Tätigkeit, jede Arbeit doch bedingt durch die Wärme, welche sie beim Verbrache der Lebensmittel oder sonst erhalten.

Arbeit* nennt man die Bewegung der ganzen Körper. Es ist eine bekannte Tatsache, dass bei jeder Bewegung von Rädern und Werken oder Maschinen eine Menge Arbeit in Wärme übergeht. Die Arbeit, sagt man, geht in der Reibung der Achse u. s. w. verloren und je grösser diese Reibung ist, um so mehr werden die Achsen erhitzt, so dass sie selbst dadurch entzündet werden können. Beruht doch der ganze Bau der jetzt gewöhnlichen Feuerzeuge, der Streichfeuerzeuge, auf dem Umstande, dass durch Reibung des Streichholzes Wärme erzeugt wird, die genügend ist, den Phosphor zu entzünden. In allen diesen Fällen, sagt man, geht Arbeit verloren und entsteht Wärme neu.

* Arbeit stammt vom Urverb rabh., sskr. rabh, arbeite, handle kräftig, packe an. Danach heisst die Arbeit lat. lab-or, lit. rab-atà, ksl. rab-ota, goth. arb-aithi, nhd. Arbeit.

Ebenso ist es eine bekannte Tatsache, dass bei Dampfwerken, wie bei Entzündung des Pulvers in Geschützen und Gewehren, die Wärme in Arbeit übergeht. Die Wärme, sagt man, bringt hier die Arbeit hervor und setzt bei den Dampfwerken den Stempel, bei den Geschützen das Geschoss in Bewegung. Hier entsteht also nach der gewöhnlichen Anschauung Arbeit und geht Wärme verloren.

Es leuchtet auf den ersten Blick ein, dass auch hier ein ähnliches Verhältniss obwalten muss, wie bei der Wärme und dem Lichte. Auch das Licht schien bei dem Uebergange aus dem Ether in den verschluckenden Körper verloren zu gehen; in der Tat aber ging es nicht verloren, sondern veränderte nur seine Gestalt und wurde im Innern des Körpers als Wärmeschwingung wieder gefunden. Ebenso muss es auch hier sein. Die Arbeit kann bei der Reibung nicht verloren gehen, Wärme nicht neu entstehen, wie überhaupt Nichts verloren geht und Nichts neu entsteht; sondern die Arbeit verwandelt sich bei der Reibung nur in Wärme; sie geht nur für die Nutzwirkung des Werkes verloren, findet sich aber in der Wärme des Achsenlagers und der Achse vollständig wieder, ohne dass auch nur ein Titelchen verloren ginge. Ebenso geht die Wärme des Dampfes in dem Dampfwerke bei der Wirkung des Dampfes auf den arbeitenden Stempel nicht verloren, sondern verwandelt sich nur in Arbeit, welche den Stempel bewegt und das Werk treibt; auch hier entsteht nicht ein Titelchen der Arbeit neu, sondern alle Arbeit war bereits in der Wärme enthalten, nur in anderer Form, nämlich als Schwingung der Körperteilchen.

Alle Versuche der neuern Wärmelehre bestätigen denn auch dies Verhältniss auf das Glänzendste und haben folgende Gesetze für die Arbeit ergeben:

Die Arbeit ist gleich dem Zeuge oder Producte aus der Masse und dem Quader der Schnelligkeit. Die Arbeitseinheit ist gleich der Wärmeeinheit, d. h. der Wärmemenge, welche ein Kilogramm Wasser um 1° C. erwärmt.

Bei der Arbeitseinheit ist die Schnelligkeit $91,37654$ Meter, wenn das Gewicht 1 Kilogramm ist oder es ist das Gewicht $8349,6$ Kil., rund 8 Tonnen, wenn die Schnelligkeit 1 Meter ist.

Es führt uns dieser Satz abermals auf das Wesen der Wärme zurück. Er beweist, dass Wärme und Arbeit dasselbe sind. Die Arbeit nämlich ist die Bewegung, welche die ganzen Körper bewegt,

die Wärme dagegen ist die Bewegung, welche die Körperteile der Körper schwingen macht. Denken wir uns: Ein Rad bewegt sich und an der Achse entsteht Reibung. Die Reibung ist nichts Anderes, als dass ein Körperteil der Achse durch einen Körperteil des Achsenlagers in der Drehungsbewegung gehindert, diesen letzteren fortschieben muss, beide Körperteile geraten dadurch in Bewegung, d. h. Schwingung, welche, da sie im leeren Raume stattfindet, ewig fortdauern muss, wenn sie nicht auf andere Körper- oder Etherteile übergeht. Diese Schwingung ist Wärme. Sie ist hervorgebracht durch die Bewegung, welche das Rad bewegte und ist genau so gros, als die Bewegung, welche durch die Reibung verloren ging.

Denken wir uns andererseits, in einem Dampfwerke ströme der Dampf gegen den arbeitenden Stempel. Alle Körperteile des unter dem Stempel befindlichen Dampfes springen, indem sie vermöge der Wärme schwingen, gegen den Stempel und stossen denselben vorwärts. Die Bewegung, mit der sich der Stempel bewegt, ist gleich der Bewegung, welche die Körperteile, die gegen den Stempel springen, an den Stempel abgeben, d. h. gleich der Wärme, welche sie schwingen macht, und in Arbeit des Stempels übergeht.

Alle Bewegung auf der Erde, auch alle Bewegung der Menschen und Tiere hat also ihren Ursprung in der verbrauchten Wärme, und alle Bewegung, welche verloren geht, wird wiederum Wärme. Escheidung (Elektricität) und Licht, Wärme und Arbeit oder Bewegung der ganzen Körper sind also ein und daselbe, nämlich Bewegung von Massewesen. Aber die Gegenstände, welche sich bewegen, sind verschieden; denn bei der Escheidung und dem Lichte bewegen sich nur Ewesen, bei der Wärme bewegen sich die kleinsten Körperteile, bei der Arbeit endlich bewegen sich die ganzen Körper.

Die Wärme oder die Arbeit ist es also, welche die Körper und ihre Körperteilchen bewegt, sie schwingen lässt und den Körpern die verschiedenen Zustände des Luftartigen, des Flüssigen und des Gesteines giebt. Die Wärmelehre hat uns demnach grosse Aufschlüsse gegeben über die Tätigkeiten und Gesetze der Körperwelt; aber die einfachen Körperteile, aus denen die andern Körper zusammengesetzt sind, hat sie uns noch nicht gelehrt, dazu bedarf es einer neuen Untersuchung, welche wir in dem folgenden Abschnitte wollen kennen lernen. Erst nach dieser Untersuchung werden wir auch die genaueren Gesetze über die Wärmeschwingungen bei Luft, Flüssigkeit und Gestein in Betracht ziehen können.

Anmerkungen.

1. Die Berechnung der Arbeit.

Sei c die Schnelligkeit in Metern bei einem Körper von n Kil., sei A die Arbeit desselben, sei c_1 die Schnelligkeit eines zweiten Körpers von n_1 Kil., sei A_1 die Arbeit des zweiten: so verhält sich $A:A_1 = nc^2:n_1c_1^2$ oder es ist $\frac{A}{A_1} = \frac{nc^2}{n_1c_1^2}$.

Sei also z. B. A_1 die Arbeitseinheit, so ist $A = nc^2 : (91,37654)^2 = nc^2 : 8349,6$.

2. Vergleichung der Wärmeeinheit und des Falles.

Man sagt gewöhnlich, die Wärmeeinheit betrage soviel Arbeit, dass dadurch 1 Kilogramm 426 Meter hoch gehoben werde. Diese Bestimmung ist aber ungenau, da die Schwere die Körper in verschiedenen Breiten verschieden hoch hebt. Setzen wir den Fallraum einer Sekunde $\frac{1}{2}g = 4,9$ Meter, $g = 9,8$ Meter, so beträgt der Fallraum für t Sekunden $s = \frac{1}{2}gt^2$, die Endschnelligkeit $c = gt$. Die Arbeit ist das Quader dieser Endschnelligkeit $c^2 = g^2t^2 = 2gs = 2 \times 9,8 \times 426 = 8349,6$. Die Schnelligkeit, welche der Arbeitseinheit entspricht, ist also

$$\sqrt{8349,6} \text{ oder } 91,37654 \text{ Meter.}$$

Dritter Abschnitt des Weltlebens: Das Blütleben der Körper oder das Mischleben.

12. Die Mischkunst oder die Zerlegung der Körper in Körbe.

Die Aufgabe der vorliegenden Nummer soll es sein, die zusammengesetzten Körper in ihre letzten einfachen Körperteile zu zerlegen und daraus wieder die zusammengesetzten aufzubauen. Die Wissenschaft, welche diese Aufgabe gelöst hat, heist die Mischlehre oder Chemie.* Dieselbe hat eine so streng wissenschaftliche Behandlung erfahren und ist so vielfach wissenschaftlich bearbeitet worden, dass wir uns hier auf diese Bearbeitungen beziehen können. Ich er-

* Die Deutschen haben die Chemie seit geraumer Zeit Mischlehre, die einfachen Teile der Körper Mischteile genannt, und dieser Name ist gut; denn das Verb mische ist das alte Verb mik, sskr. miç-ra, griech. mfg-nymi, lat. misc-eo, ahd. miskia, miska, welches stets in der Bedeutung mische gebraucht ist. In der neuesten Zeit hat man nun aber diesen Namen beanstandet, weil das Volk das Wort Gemisch auch für Menge aller Art anwendet; allein mit Unrecht. Im Munde des Volkes ist zunächst jeder Ausdruck mehrdeutig; Aufgabe der Wissenschaft ist es, ihn einwertig zu machen. Die Wissenschaft gebraucht nun ein einfaches Wort für die chemische Verbindung und dafür empfiehlt sich das Wort Mischung; wenigstens ist dies Wort, für diesen Begriff passend, im Gebrauche, und kein anderes einfaches Wort dafür vorhanden. Wir wenden also Mischung in der Wissenschaft für die chemische Verbindung an. Wenn zwei Stoffe gemengt werden, oder in einander gegossen werden, so nennen wir dies wissenschaftlich ein Gemenge. Den Namen Mischung für dies Gemenge anzuwenden, ist unwissenschaftlich, da Mischung bereits viel früher in der Wissenschaft für die Bezeichnung der chemischen Verbindung verwandt ist und durch eine solche zweifache Verwendung notwendig Verwirrung in der Wissenschaft entstehen muss.

wähne hier nur Gorup Besanez, Lehrbuch der Chemie. Braunschweig 1874; Pelouze et Fremy, Traité de chimie générale, Paris 1862—65; Arendt, Lehrbuch der anorganischen Chemie. Leipzig 1871; Roscoe. Lehrbuch der Chemie, Braunschweig 1873. Ich werde die Gesetze derselben hier nur soweit aufführen, als die vorliegende Untersuchung dies erheischt und als sie allgemein anerkannt sind.

Jeder Körper lässt sich nun durch Anwendung chemischer Mittel in der Weise verändern, dass er bis in seine kleinsten Teile hinab andere Eigenschaften, andere Tätigkeiten und andere Beziehungen zu andern Körpern erhält; seine kleinsten Teile werden hierbei entweder in andere zerlegt, chemisch getrennt, oder mit andern gegattet, chemisch vereint. Die Wissenschaft, welche dies lehrt, heist die Mischlehre oder Chemie, die Kraft, welche dies bewirkt, heist die Verwandtschaft. Der Körper, dessen Teile nicht zerlegt werden können, heist ein Urkörper oder ein Grundstoff; der Körper, dessen Teile noch zerlegt werden können, und der also durch Gattung einfacher Körper entstanden ist, heist ein zusammengesetzter Körper.

Nennen wir die Gewichtsmenge eines Körpers, welche sich mit einem bis acht Gewichtsteilen Wasserstoff mischt oder chemisch vereinigt, sein Mischgewicht, so gilt für alle Körper das 1808 von Dalton aufgestellte Mischgesetz (Dalton-Gesetz):

Alle Körper mischen sich nur in den einfachen Verhältnissen ihrer Mischgewichte oder die Mischgewichte sind nichts anderes als die Gewichte der kleinsten Mischteile, welche sich in einfachen Verhältnissen chemisch vereinigen.

So vereinigt sich chemisch z. B. 1 Mischteil Schwefel und 1 Mischteil Sauerstoff zu Unterschwefliger Säure, mit 2 Mischteil Sauerstoff zu Schwefliger Säure, mit 3 Mischteil Sauerstoff zu Schwefelsäure. So vereinigt sich 1 Mischteil Eisen mit 1 Mischteil Sauerstoff zu Eisenoxydul, und 1 Mischteil Eisenoxydul mit 1 Mischteil Schwefelsäure zu 1 Mischteil Eisenvitriol. So vereinigt sich ferner 1 Mischteil Eisen mit 1 Mischteil Schwefel zu Schwefeleisen, mit 2 Mischteil Schwefel zu Schwefelkies u. s. w.

Es ist keine Entdeckung neuerer Zeit so geeignet gewesen, uns einen tiefen Blick in das innerste Wesen der Körper zu eröffnen, als diese Entdeckung der Mischteile und ihrer einfachen Verbindungen. Es muss eine Urfache in dem innersten Wesen der Körper geben, weshalb sich die Teilchen der Körper stets nur in den einfachen Ver-

hältnissen ihrer Mischteile verbinden und diese kann, da bei der Mischung oder chemischen Verbindung sich die kleinsten Teile vereinigen, keine andere fein, als das Gesetz der Mischteile:

Die letzten Teile der Körper vereinigen sich selbst in entsprechenden einfachen Verhältnissen der Mischteile; oder mit andern Worten, gleichviel Mischteile der Körper enthalten auch gleichviel letzte Teile der Körper.

Die Chemiker haben diese letzten Teile der Körper, welche sich nicht mehr in kleinere Teile derselben Art und Beschaffenheit teilen lassen, Atome (átomos, das Unteilbare) genannt. Dieser Name widerspricht aber dem Wesen der Sache und muss daher verworfen werden; denn nicht nur lassen sich die Atome zusammengesetzter Körper noch in einfache Atome zerlegen, nicht nur ist es wahrscheinlich, dass auch die jetzt für einfach geltenden Körper oder Grundstoffe sich noch wiederum werden zerlegen lassen, wenn die chemische Kunst weitere Fortschritte macht und sind demnach wahrscheinlich alle sogenannten Atome noch teilbar, sondern wir werden auch im Laufe dieses Buches selbst Gelegenheit finden, diese sogenannten Atome noch zu zerteilen. Da es nun unwissenschaftlich ist, von den Teilen des Unteilbaren zu reden, so muss man den Namen Atom verwerfen.* Da es aber bisher in der Wissenschaft keinen einfachen Namen für diese letzten Teile der Körper giebt, ein solcher einfacher Name aber

* Die Chemiker haben die Unmöglichkeit eingesehen, die zusammengesetzten Urtheilchen Atome zu nennen, da sie ja noch zerlegt werden können; sie nennen sie daher Moleküle, Molecula, d. h. kleine Massenteile. Aber die Chemiker wissen doch auch sehr wohl, dass die jetzt für einfach geltenden Grundstoffe wahrscheinlich auch noch zusammengesetzt sind; ihre Urtheilchen dürften also auch nicht Atome heißen. Wir werden in der That diese Urtheilchen der Körper in den folgenden Nummern noch weiter zerlegen, und müssen daher den Namen Atom für dieselben verwerfen. Der Name Moleküle, d. h. Massenteilchen, ist dem Begriffe nach ganz unbestimmt, ist in der Wissenschaft vielfach bereits in anderm Sinne angewandt, und ist der Form nach so fremd, dass er nie in die deutsche Sprache einbürgern kann. Derselbe muss daher gleichfalls verworfen werden. Ganz unpassend ist es übrigens, die Mischteile der einen Körper Atome, die der anderen Moleküle zu nennen, da beide ihrem Begriffe nach ganz dasselbe sind. In neuester Zeit haben einzelne Gelehrte für Moleküle die Form Molékel gewählt, aber diese Form ist schlechthin zu verwerfen. Der Name Molékel würde deutsch eine besondere Art des Ekels bezeichnen. Diese Form muss also ganz verworfen werden. Auf den Begriff der Molecula kommen wir weiter unten noch besonders zurück.

in der Wissenschaft notwendig für dieselben ist, so habe ich den Namen Korb* für diese letzten Teile der Körper in die Wissenschaft eingeführt, setze aber, um Missverständnisse zu vermeiden, Atom in Klammern hinzu. In dem obigen Beispiele ist also in 1 Korb Eisenvitriol 1 Korb Schwefelsäure mit 1 Korb Eisenoxydul, in 1 Korb Schwefelsäure 1 Korb Schwefel mit 3 Korb Sauerstoff, in 1 Korb Eisenoxydul 1 Korb Eisen mit 1 Korb Sauerstoff gemischt oder chemisch vereinigt.

Für diese Körbe (Atome) gelten nach den bisherigen Ergebnissen der Wissenschaft bereits folgende sechs Korbgesetze:

1. Jeder Körper besteht aus letzten Körperteilen, den Körben (Atomen), welche sich nicht mehr in kleinere Teile derselben Art und Beschaffenheit teilen lassen. (Gesetz der Körperteile.)
2. Bei der Mischung oder chemischen Vereinigung zweier Körper verbinden sich die Körbe mit einander in einfachen Verhältnissen und enthalten gleichviel Mischteile der Körper auch gleichviel Körbe. (Gesetz der Mischteile.)
3. Das Mischgewicht des Körpers ist auch das Gewicht des einzelnen Korbes, wenn das Gewicht eines Korbes des Wasserstoffes als 1 gesetzt wird. (Gesetz der Mischgewichte.)
4. In jedem Körper werden die Körbe durch leere Zwischenräume von einander getrennt und nur durch Anziehungskräfte und Abstosungskräfte an einander gefesselt und in ihrer gegenseitigen Lage gehalten. (Gesetz der Korbkräfte.)
5. Aendern sich diese Kräfte durch Verwandtschaft zu andern Körben, welche in die Zwischenräume eindringen, oder durch aufgenommene Wärme, so verändert sich auch die Lage der Körbe und die Gestalt und Beschaffenheit des Körpers. (Gesetz der Korblagerung.)

* Korb, ahd. chorp, chorb, mhd. korp, Gen. korbes, ist (wie Körper) aus dem Lat. entlehnt, wo corb-is ein Korb heist, und stammt wie Körper vom Urverb skar, kar wende rasch, drehe, runde; daher stammt karbhata, sskr. carbhata m., lat. cucurbita w., Kürbiss, sowie karadha, sskr. karaṇḍa, gr. kálathos, Korb, lat. corb-is. Der Name bezeichnet also den durch Drehen Entstandenen; er bezeichnet, sowohl wegen des Anklangs an Körper sehr passend einen Teil des Körpers, als auch wegen der Abstammung sehr passend den durch Drehung der Epäre um ein Körperwesen gebildeten letzten Teil eines Körpers.

6. Die Körbe stehen aber trotz der leeren Zwischenräume in sehr kleinen Entfernungen von einander und müssen daher überaus klein sein. (Gesetz der Korbentfernung.)

Die folgende Tafel giebt uns einen Ueberblick über die jetzt für einfach geltenden Körper oder über die Grundstoffe und ihre Eigenschaften. Der Nachweis wird in den folgenden Zeilen gegeben.

Tafel der Grundstoffe, ihrer Körbe und Korbbälle.

No.	Name.		Korb.			Korb- wärme*	Korbball.	
	Deutscher	Lateinischer	Zeichen	Gewicht Wasser- stoff = 1.	Bindig- keit		Zeichen	Gewicht Wasser- stoff = 1.

Erste Klasse: Bilder.

Erste Ordnung: Salzbilder.

1. Fluss	Fluorum	F	19	1	—	F ₂	38
2. Chlor	Chlorum	Cl	35,5	1	4,31	Cl ₂	71
3. Brom	Bromum	Br	80	1	6,71	Br ₂	160
4. Jod	Jodum	J	127	1	6,87	J ₂	254

Zweite Ordnung: Stammbilder.

5. Saur	Oxygenium	O	16	2	3,49	O ₂	32
6. Schwefel	Sulphur	S	32	2	5,68	S ₂	64
7. Selen	Selenium	Se	79,4	2	6,05	Se ₂	158,8
8. Tell	Tellurium	Te	128	2	6,05	Te ₂	256

Dritte Ordnung: Wurzelbilder.

9. Stick	Nitrogenium	N	14	3	3,42	N ₂	28
10. Phosphor	Phosphorus	P	31	3	5,85	P ₄	124
11. Arfen	Arsenicum	As	75	3	6,11	As ₄	300
12. Spies	Stibium (Antimonium)	Sb	122	3	6,20	Sb ₂	244

Vierte Ordnung: Zellbilder.

13. Kohle	Carboneum	C	12	4	1,76	C ₂	24
14. Wass	Hydrogenium	H	1	1	3,40	H ₂	2

Zweite Klasse: Kiefe.

Erste Ordnung: Kiefelkiefe.

15. Bor	Borum	B	11	3	2,53	B ₂	22
16. Kiefel	Silicium	Si	28	4	4,68	Si ₂	56

* Die Korbwärme ist das Product oder Zeug aus der Gewichtswärme gegen Wasser und dem Korbgewichte.

No.	N a m e.		Korb.			Korb- wärme	Korbball.	
	Deutscher	Lateinischer	Zeichen	Gewicht Wasser- stoff = 1.	Bindig- keit		Zeichen	Gewicht Wasser- stoff = 1.

Zweite Ordnung: Tankiefe.

17.	Titan	Titanium	Ti	50	4	—	Ti ₂	100
18.	Niob	Niobium	Nb	94	3	—	Nb ₂	188
19.	Tantal	Tantalum	Ta	182	3	—	Ta ₂	364

Dritte Ordnung: Chromkiefe.

20.	Chrom	Chromium	Cr	52	4	5.2	Cr ₂	104
21.	Vanad	Vanadium	V	51.3	4	—	V ₂	102.6

Vierte Ordnung: Molkiefe.

22.	Mol	Molybdaenum	Mo	96	4	6.33	Mo ₂	192
23.	Scheel	Wolframium	W	184	4	6.15	W ₂	368

Dritte Klasse: Erze.

Erste Ordnung: Edelerze.

24.	Gold	Aurum	Au	197	3	6.35	Au ₂	394
25.	Silber	Argentum	Ag	108	1	6.16	Ag ₂	216
26.	Queck	Hydrargyrum	Hg	200	2	6.35	Hg ₁	200
27.	Platin	Platinum	Pt	197.4	4	6.42	Pt ₂	394.5
28.	Rod	Rhodium	R	104.4	2	6.06	R ₂	208.5
29.	Irid	Iridium	Ir	198	4	6.45	Ir ₂	396
30.	Osme	Osmium	Os	199.2	4	6.20	Os ₂	398.4
31.	Pallad	Palladium	Pd	106.6	2	6.32	Pd ₂	213.2
32.	Ruthen	Ruthenium	Ru	104.4	4	6.35	Ru ₂	208.5

Zweite Ordnung: Meischerze.

33.	Bismut	Bismutum	Bi	208	3	6.41	Bi ₂	416
34.	Blei	Plumbum	Pb	207	4	6.50	Pb ₂	414
35.	Thall	Thallium	Tl	204	3	6.55	Tl ₂	408
36.	Kupfer	Cuprum	Cu	63.5	2	6.15	Cu ₂	127
37.	Uran	Uranium	U	120	2	7.43	U ₂	240
38.	Zinn	Stannum	Sn	118	4	6.47	Sn ₂	236
39.	Kad	Cadmium	Cd	112	2	6.33	Cd ₁	112
40.	Gall	Gallium	Ga	68	2	—	Ga ₂	136
41.	Ind	Indium	In	75.6	3	4.30	In ₂	151.2

Dritte Ordnung: Polerze.

42.	Kobalt	Cobaltum	Co	58.8	2	6.27	Co ₂	117.6
43.	Nickel	Niccolum	Ni	58.8	2	6.42	Ni ₂	117.6
44.	Eisen	Ferrum	Fe	56	2	6.37	Fe ₂	112
45.	Mangan	Manganum	Mn	55	2	6.69	Mn ₂	110

No.	N a m e.		Korb.			Korb- wärme	Korbball.	
	Deutscher	Lateinischer	Zeichen	Gewicht Wasser- stoff = 1.	Bindig- keit		Zeichen	Gewicht Wasser- stoff = 1.

Vierte Ordnung: Rosterze.

46.	Zink	Zincum	Zn	65.2	2	6.23	Zn ₁	65.2
47.	Cer	Cerium	Ce	92	4	—	Ce ₁	184
48.	Lanthan	Lanthanium	La	92	4	—	La ₂	184
49.	Didym	Didymium	Di	96	4	—	Di ₂	192

Vierte Klasse: Griesee.

Erste Ordnung: Yttergriesee.

50.	Ytter	Yttrium	Y	61.7	2	—	Y ₂	123.4
51.	Erb	Erbium	Er	112.6	2	—	Er ₂	225.2
52.	Thor	Thorium	Th	231.3	4	—	Th ₂	463

Zweite Ordnung: Thongriesee.

53.	Zirkon	Zirconium	Z	89.6	4	6.10	Z ₂	179.2
54.	Beryll	Beryllium	Be	9.3	2	—	Be ₂	18.6
55.	Thon	Aluminium	Al	27.4	3	5.89—5.5	Al ₂	54.8

Dritte Ordnung: Kalkgriesee.

56.	Talk	Magnesium	M	24	2	6.00	M ₂	48
57.	Kalk	Calcium	Ca	40	2	6.84	Ca ₂	80
58.	Stront	Strontium	Sr	87.5	2	—	Sr ₂	175
59.	Bar	Barium	Ba	137	2	—	Ba ₂	274

Vierte Ordnung: Laugengriesee.

60.	Lith	Lithium	L	7	1	6.59	L ₂	14
61.	Nater	Natrium	Na	23	1	6.75	Na ₂	46
62.	Kal	Kalium	K	39	1	6.45	K ₂	78
63.	Rubid	Rubidium	Rb	85.4	1	—	Rb ₂	170.8
64.	Cäs	Caesium	Cs	133	1	—	Cs ₂	266

An diese Tafel schliesse ich eine kurze wissenschaftliche Uebersicht der Grundstoffe. Die Tatsachen in dieser Uebersicht sind durch zahlreiche Versuche festgestellt und allgemein anerkannt; dagegen ist die Einteilung in Klassen und Ordnungen von mir zuerst aufgestellt und macht nur den Anspruch eines wissenschaftlichen Versuches.

Wissenschaftliche Uebersicht der Grundstoffe.

Die Grundstoffe werden geteilt in zwei Gruppen, in $+$ Stoffe oder Erststoffe, welche die $-E$ anziehen und vorwaltend Säuren bilden, und in $-$ Stoffe oder Siestoffe, welche die $+$ E anziehen und vorwaltend Basen bilden.* Jede von beiden Gruppen zerfällt in zwei Klassen, alle Grundstoffe also in vier Klassen: die Bilder, die Kiese, die Erze und die Giese.

Erste Gruppe: Die Erststoffe.

Die $+$ Stoffe oder Erststoffe bilden vorwaltend Säuren und ziehen die $-E$ an.

Erste Klasse: Die Bilder.

Die Bilder sind die $+$ Stoffe, welche sich mit Wasserstoff verbinden. Dieselben zerfallen in vier Ordnungen: in Salzbilder, Stammbilder, Wurzelbilder und Zellbilder.

Erste Ordnung: Die Salzbilder.

Die Salzbilder sind einwertig; sie haben zu dem Saurstoffe sehr geringe Verwandtschaft; dagegen bilden sie mit dem Wasserstoffe eine saure Verbindung (z. B. HCl Chlorwasserstoff oder Salzsäure). Mit andern Stoffen bilden sie Grundsalze (z. B. $NaCl$ Natriumchlorid oder Kochsalz), welche den Stammsalzen der Stammbilder entsprechen.

Anm.

Die Abstammung der Namen für die Grundstoffe.

Erste Klasse: Die Bilder. Der Name ist von mir für die erste Klasse der Grundstoffe eingeführt, die in einfachen Verbindungen Stämme, Wurzeln und Salze bilden und ist vom Verb bilden, dies vom Namen Bild abgeleitet und bezeichnet solche, die ein Bild hervorbringen. Der Name Bild, agf. bilethe, bilith, schwed. belæte, dän. billede, ahd. piladi, pilid, bilide, mhd. bilede, ist durch die Endung ede aus dem Verb bhar, (sskr. bhurij, Schere), zend. bar, griech. phér-ō, lat. for-āre, agf. bor-ia, ahd. por-ōn, bohre, schneide, abgeleitet, von dem auch Beil stammt und bezeichnet das durch Schneiden Geformte.

* Man nennt gewöhnlich den Stoff, der die $+$ E anzieht, den $+$ Stoff, aber dies ist verwirrend; sowie das Ewesen, welches die $+$ E anzieht, $-E$ heist, so muss auch der Stoff, der die $+$ E anzieht, $--$ Stoff heissen.

1. Fluss. Der Fluss ist kein feltener Körper, aber in seinen Verwandtschaften ist er so heftig, dass er alle Geräte, in denen man ihn darstellen will, angreift und daher noch nicht gefondert dargestellt ist.

2—4. Chlor, Brom und Jod. Die drei Stoffe bilden eine Zunft, welche in Vorkommen, in Verbindungen und Beziehungen ganz übereinstimmt und in welcher die entsprechenden Verbindungen gleichspatig oder isomorph sind. In der Zunft ist Chlor auf der Erde am verbreitetsten und in solcher Menge vorhanden, dass es gesammelt, um die ganze Erde eine Schicht von etwa 34 Meter Mächtigkeit bei dem Raumgewichte 1 bilden würde. Das Kochsalz oder Chlornatrium bildet im Meere allein $2\frac{1}{2}\%$ des Gewichtes und auf dem Festlande große Steinsalzlager. Brom und Jod sind dabei die steten Begleiter des Chlors. Bei gewöhnlichen Wärmegraden ist von den Grundstoffen Chlor eine Luftart, Brom eine Flüssigkeit, Jod ein Gestein.

Das Korbgewicht der vier Stoffe verhält sich nahe wie 1. 2. 5. 8. Von zusammengesetzten Körpern gehört zu den Salzbildern noch das Cyan (kýanon), eine Verbindung von 1 Kohle und 1 Stickstoff oder CN, welche ein farbloses Gas bildet, das sich ganz ähnlich wie Chlor verhält und mit Wasserstoff die Blausäure bildet.

1. Der Fluss, alter Name des Flussspates, der diesen Stoff enthält. Fluss stammt vom alten Verb plu, sskr. plu, griech. ply, plev, schwimme, lat. plu-o regne, ahd. slaw-ja, mhd. vlouw-e, engl. flow wasche. Im Deutschen hat dies Verb eine Erweiterung erfahren durch hinzutretendes t und heisst in der Mehrheit der Vergangenheit an. slut, schwed slút, mnied. vlot, ahd., mhd. vluss, nhd. floss. Der Name bezeichnet den Stoff als Flussmittel, um Gesteine in Fluss zu bringen.

2. Der Chlör ist von Scheele 1774 entdeckt; der Name ist aus dem griech. Namen chlōrós, gelbgrün entlehnt, und ist in der Form ghalva, griech. chlōvos für chlōvos, grün, mhd. gilwe, nhd. gelb, ein uraltes Wort. Er stammt vom Verb ghar, sskr. ghar, brenne, leuchte, glänze, und bezeichnet die glänzende, leuchtende Farbe. Der Stoff ist wegen seiner gelbgrünlichen Farbe so benannt.

3. Der Bröm ist von Bålard 1826 entdeckt; der Name ist aus dem griechischen Namen brōmos, der Gestank, entlehnt. Er stammt vom Verb gvar, sskr. gar, schlinge, verschlucke, griech. borá, der Fras, brōsis, brōmē, brōmos, die Speise, dann abgeleitet der Geruch des Fleisches, der Gestank. Der Stoff ist wegen seines widerlichen Geruches so benannt.

4. Der Jöd ist 1811 von Courtois entdeckt; der Name ist aus dem griech. Worte iōdēs, veilchenfarb, entlehnt, das von íon, Veilchen, abstammt. Der Stoff ist wegen seiner Veilchenfarbe so benannt.

Zweite Ordnung: Die Stambbilder.

Die Stambbilder sind zweiwertig; sie bilden mit den übrigen Grundstoffen Stämme. Der männliche Stamm heist Stufe, der weibliche Bafe, die Verbindung beider ein Stammfalz.

5. Saur. Der Saurstoff ist der wichtigste und verbreitetste Stambbilder, der auf der Erde etwa $11\frac{1}{2}\%$ aller Körper bildet. Im Erdmeere bildet er 89% . in der Erdluft 23% der Stoffe. Alle Grundstoffe gehen Verbindungen mit demselben ein. Die männliche Verbindung heist die Säure, die weibliche der Rost, die Verbindung beider ein Saurfalz. Die Leichtigkeit der Verbindung des Saurstoffes mit Kohle zur Kohlenfäure macht ihn zum unentbehrlichen Atmungsstoffe für Pflanzen wie Tiere.

6—8. Schwefel, Selen und Tell. Die drei Stoffe bilden eine Zunft, welche in ihren Verbindungen und Beziehungen ganz übereinstimmt, und in welcher die entsprechenden Verbindungen gleichspatig sind. In dieser Zunft ist Schwefel ein häufig vorkommender Körper, der auch gediegen vorkommt und etwa 1% der Erdmasse bildet.

5. Der Saur(stoff) ist 1774 von Priestley nachgewiesen und so benannt, weil er die bekanntesten Säuren bildet. Das Wort stammt vom alten Verb sar, sal. sskr. sar, sal, strömen, eilen: davon ist abgeleitet zunächst griech. hals. lat. salum, das Meer, dann sskr. sara, lat. sal, goth. salt, nhd. Salz oder der Gehalt und Geschmack des Meerwassers, und sara. sskr. sara. sara. griech. óros, óuros, lat. serum, faure Milch, welche jenem Meerwasser ähnlich schmeckt und ferner abgeleitet an. sürr, agf. sür, mhd. süer, nhd. faur, jeden sauren Geschmack bezeichnend.

6. Der Schwefel ist ein alter deutscher Name. lautet goth. svibls, agf. svefel, ahd. sueval und stammt vom alten Verb svap, sskr. svap, lat. sopio, an. svefja, ahd. in-svëbja, schläfre ein. Er bezeichnet den Stoff als solchen, dessen Geruch einschläfert. Der Stoff war schon um 1000 vor Chr. bekannt.

7. Der Selën ist 1817 von Berzelius entdeckt: der Name ist aus dem griech. selénē, der Mond, entlehnt. Er stammt vom alten Verb svar, sskr. sur, lett. swelu, agf. svëla, ahd. swilizōn, nhd. schwële, leuchte, glühe und bezeichnet den Mond als den Leuchtenden. Der Stoff ist ein steter Begleiter des Tellurs und da der Tellur nach der Erde benannt ist, so hat Berzelius ihn nach dem Monde benannt.

8. Der Tell ist 1782 von Müller und Reichenstein entdeckt und nach dem lat. Worte tellūs, die Erde, benannt, da er einen Stoff der Erde bildet. Das Wort stammt vom alten Verb tal, sskr. tal, altlat. tulo, lat. tollo, goth. thula, hebe mit der Hand, wäge auf der Hand, davon ist abgeleitet tala, die Handfläche, dann jede Fläche griech. tarrhós, Fläche agf. thell, ahd. dil, nhd. Diele, lat. tellūs, Erdfäche.

Von feinen Verbindungen heist der männliche Stamm die Schwefle, der weibliche der Glanz. Selen und Tell sind sehr seltene Stoffe.

Das Korbgewicht der vier Stoffe verhält sich nahe wie 1. 2. 5. 8.

Dritte Ordnung: Die Wurzelbilder.

Die Wurzelbilder sind dreiwertig; sie zeigen wenig Neigung, mit andern Stoffen in Verbindung einzugehen. Ihre Verbindungen mit Erzen sind spröde Stoffe, welche wenig Verwandtschaft zeigen; dagegen zeigen sie grose Neigung, in Zellen und zellige Wesen einzutreten, und weisen dadurch bereits auf die folgende Ordnung hin.

9. Stick. Der Stickstoff ist der wichtigste und verbreitetste Wurzelbilder. Auf der Erde bildet er $\frac{2}{3}$ eines Millontels des Erdgewichtes. In der Erdluft bildet er 77 $\frac{1}{10}$. Die Verbindung des Stickstoffes mit den Zellbildern zu Fleischstoffen ist bekannt und macht ihn für Pflanzen-, wie Tierleben so überaus wichtig. Er kommt fast nur als Grundstoff, selten in Verbindung mit andern Körpern vor.

10—12. Phosphor, Arfen und Spies (Antimon). Die drei Stoffe bilden eine Zunft, welche wiederum in ihrem Vorkommen, in Verbindungen und Beziehungen ganz übereinstimmt, und deren entsprechende Verbindungen gleichspatig oder isomorph sind. Zu den zelligen Stoffen haben dieselben grose Verwandtschaft und gehen theils in die Verbindungen derselben ein, theils wirken sie auf dieselben als zerstörende Gifte. Mit dem Sauerstoffe verbinden sie sich, der Phosphor bei gewöhnlicher Wärme, der Arfen bei starker Hitze, der Spies beim Schmelzen zu einer niedern Säure, bei noch gesteigerter Verwandtschaft zu einer höhern Säure. Mit dem Wasserstoffe bilden sie Verbindungen,

9. Der Stick(stoff) ist von Rutherford 1772 nachgewiesen und wegen seiner erstickenden Eigenschaften benannt. Er stammt vom alten Verb stig, sskr. tij, griech. stizō für stīgō, lat. stingv-o, steche, dann lat. exstingv-o, erstickte, sticke.

10. Der Phosphor ist 1669 von Brandt entdeckt und nach dem griech. phōsphōros, lichttragend, genannt, weil er gerieben im Dunkeln leuchtet.

11. Der Arfen ist 1733 von Brandt entdeckt und nach dem griech. arsenikon, das Männliche, benannt, weil er kräftig auf die Stoffe einwirkt. Das Wort arsan, das männliche Tier, sskr. rsha-bha, zend. arshan, griech. arsen ist sehr alt.

12. Der Spies ist von Basilius Valentinus, geb. 1394, entdeckt und später wegen des spiesförmigen Anschiesens der Krystalle so genannt. Das Wort Spies stammt vom alten Verb skud, sskr. skund, an. skuta springe vor; es bezeichnet Spies, an. spiot, ahd. spiez, wie spitz das Vorspringende.

welche mit Luft leicht verbrennen. welche aber. durch glühende Röhren geleitet, sich wieder zersetzen.

Das Korbgewicht der Stoffe verhält sich nahe wie 1. 2. 5. 8.

Vierte Ordnung: Die Zellbilder.

Die Zellbilder zeichnen sich durch die Fähigkeit aus. mit andern Stoffen, namentlich mit dem Stickstoffe neue Wurzeln zu bilden. wie das Cyan CN , das Ammon (ammonium) NH_4 . und die Wurzel der Zellstoffe Methyl CH_3 , Aethyl C_2H_5 . Alle Zellen der Pflanzen und Tiere sind durch diese Stoffe und ihre Verbindungen mit Saurstoff und Stickstoff gebildet.

13. Kohle. Der Kohlenstoff bildet von der Erde etwa 89 Milliontel des Gewichtes. Er wird gewöhnlich in Verbindung mit dem Saurstoffe als Kohlenfäure CO_2 gefunden: doch kommt er als Kohle im Demant und in der Kohle vor, welche durch das Pflanzenwachstum früherer Zeiten gebildet ist. und in der Erde als Steinkohle. Braunkohle u. f. w. lagert.

14. Wass. Der Wasserstoff ist einer der verbreitetsten Körper der Erde. Er bildet von der Erde etwa 638 Milliontel des Gewichtes. vom Meere 11 $\frac{1}{10}$ des Gewichts. Gewöhnlich wird er in Verbindung mit dem Saurstoffe als Wasser H_2O gefunden. Als Grundstoff ist er luftförmig und besitzt nur $\frac{2}{29}$ des Raumgewichts der Erdluft. Seine Verbindungen mit den vorhergehenden Körpern haben wir bereits kennen gelernt.

Die Korbgewichte dieser Stoffe verhalten sich wie 12 zu 1. Mit den Stoffen der folgenden Klasse gehen beide Stoffe keine Verbindung ein.

Zweite Klasse: Die Kiefe.

Die Kiefe sind die +Stoffe, welche sich nicht mit Wasserstoff verbinden. Sämmtliche Kiefe sind fast unschmelzbar und bilden Säuren. welche in der Hitze die anderen Säuren austreiben. Sie zerfallen in vier Ordnungen: in Kiefelkiefe, Tankiefe, Chromkiefe und Molkiefe.

13. Die Kohle (Kohlenstoff) ist ein alter deutscher Name und stammt vom Verb gvar. sskr. jval. griech. gry, glühe; davon stammt sskr. jvara. Glut. agf. col, an. kol, ahd. cholo, mhd. kol, die Kohle. der glühende Kohlenhaufe. Der Stoff war bereits um 2500 vor Chr. bekannt.

14. Der Wass(erstoff) ist 1766 von Cravendish entdeckt und benannt. weil er das Wasser bildet. Der Name stammt vom Verb ud. und. vad. sskr. ud. und. netze, quelle, von dem die Formen sskr. uda. udan. udra. griech. hydat-hydro-, lat. unda. goth. vatō, an. vatn. af. watar, ahd. wazar für Wasser abgeleitet sind.

Erste Ordnung: Die Kieselkiese.

Die Kieselkiese bilden in der Hitze die stärksten Säuren und haben daher in der Hitze allen Sauerstoff an sich gerissen, ihre Verbindungen bilden die Rinde der Erde.

15. Bor. Der Bor ist unschmelzbar und verbrennt in der Hitze zur Borfäure.

16. Kiesel. Der Kiesel bildet von der ganzen Erde 5,9 $\frac{1}{10}$, feine Säure bildet in den Felsen der Erdrinde 45 bis 63 $\frac{1}{10}$. Der Kiesel ist unverbrennlich und unschmelzbar, geglüht in allen Säuren fast unlöslich.

Die Korbgewichte verhalten sich wie 1 zu 2.

Zweite Ordnung: Die Tankiese.

Die Tankiese verbrennen in der Hitze zu Sauerstoffverbindungen und beginnen sich in gemischten Säuren zu lösen.

17. Titan. Der Titan bildet in den Hohöfen Gespate und verbrennt, wenn er reducirt ist, zur Titanfäure TiO_2 .

18—19. Niob und Tantal. Beide Stoffe finden sich stets vergesellschaftet und haben entsprechende Verbindungen und Beziehungen;

Zweite Klasse: Die Kiese. Der Name ist von mir für die zweite Klasse der Grundstoffe eingeführt, welche dem Kiesel verwandt sind. Die Abstammung des Namens ist bei dem Kiesel gegeben.

15. Der Bōr ist 1809 von Gay Lussac entdeckt und nach dem hebräischen bōr, die Grube, Cisterne benannt, da der Borax, aus dem er bereitet wird, in gegrabenen Lagunen gewonnen wird. Das Wort bōr kommt her von hebr. baar (באר) grabe.

16. Der Kiesel ist 1823 von Berzelius einfach dargestellt. Der Name ist ein alter deutscher Name, agf. cisil, cisel, ahd. chisil, chisiling, mhd. kiselinc; er stammt vom alten Verb gus, sskr. jush, griech. geúō, lat. gus-tāre, goth. kiusa, kiese und bezeichnet ursprünglich die faubern runden Quarzsteine, welche aus der Kieselensäure bestehen und im Volke stets gefucht waren.

17. Der Titan ist 1794 von Klaproth entdeckt und nach dem griech. titanos, der Titane, der Sohn der Erde benannt. Der Name stammt vom alten Verb tan, sskr. tan, goth. thanja, nhd. dehne, griech. teínō für ténjō, dessen gedehnte Form titainō ist und bezeichnet die langgestreckten Erdröhne, es entspricht darin ganz dem deutschen Namen der Recken, als der Langgestreckten.

18. Der Niob ist 1844 von H. Rose entdeckt und nach der nióbē, der Tochter des tántalos benannt, da er stets mit dem Tantal in Gefellschaft gefunden wird.

19. Der Tantal ist 1801 von Hatchett entdeckt und nach dem griech. Könige tántalos, dem Sohne des Zeus benannt, der nach der griechischen Mythologie in der Unterwelt mit den Titanen schmachtet und ist damit als Verwandter des Titan bezeichnet.

sie bilden daher eine Zuufft. Beide sind unschmelzbar, nur in dem mit Stickfäure N_2O_5 gemischten Flusswasserstoff HF auflöslich und verbrennen an der Luft erhitzt zu Nb_2O_5 , Ta_2O_5 .

Die Korbgewichte verhalten sich nahe wie 1. 2. 4.

Dritte Ordnung: Die Chromkiese.

Die Chromkiese lösen sich in einfachen Säuren und beginnen sich in Glühhitze zu entzünden.

20. Chrom. Der Chrom ist in Flusswasserstoff löslich, sonst in stärkstem Gebläsefeuer kaum schmelzbar.

21. Vanad. Der Vanad ist in Stickfäure N_2O_5 löslich und entzündet sich in der Glühhitze, übrigens ist er unschmelzbar.

Vierte Ordnung: Die Molkiese.

Die Molkiese entzünden sich in der Hitze, sind strengflüssig und finden sich meist in Schwefelverbindungen.

22. Mol. Der Mol (Molybdän) ist in Stickfäure N_2O_5 auflöslich und nimmt schon in gewöhnlicher Luft Sauerstoff auf.

23. Scheel. Der Scheel (Wolframium) ist äusserst strengflüssig und verbrennt gepulvert.

Die Korbgewichte verhalten sich wie 1 zu 2.

Zweite Gruppe: Die Siestoffe.

Die —Stoffe oder Siestoffe bilden vorwaltend Basen und ziehen die $+E$ an.

20. Der Chrom ist 1797 von Vauquelin entdeckt und nach dem griech. Worte chrōma, die Farbe, benannt, da er eine stark färbende Kraft hat. Das Wort stammt vom alten Verb ghar, ghri, sskr. ghar, leuchte, mhd. Glimmer, Glanz, griech. chrō-os, heist danach glänzend, leuchtend gefärbt, chrō-ma bezeichnet die glänzende, leuchtende Farbe.

21. Der Vanad ist 1830 von Sefström entdeckt und nach der nordischen Göttin Vanadys, der Göttin der Liebe, benannt.

22. Der Mol ist 1792 von Hjelm entdeckt und nach molybdaina, dem griech. Namen der Bleiglätte, Molybdän genannt, weil er in dieser zuerst entdeckt ist. Der Name molybdaina stammt von molybdos, Blei und bezeichnet Bleiartiges; molybdos aber stammt vom alten Verb mar, mal, bin weich, wovon griech. mal-akós weich, lat. moll-is weich, abgeleitet ist und bezeichnet das Blei als das weiche Erz.

23. Der Scheel ist nach dem Entdecker Scheele benannt, der ihn 1807 fast gleichzeitig mit den Gebrüdern d'Elhuyart entdeckte. Der Name Wolfram ist unbrauchbar, da er eine Art Ram, d. h. eine Verbindung bezeichnet.

Dritte Klasse: Die Erze.

Die Erze sind die —Stoffe, welche als Grundstoffe oder gemischt mit andern Erzen gefunden werden. Fast sämmtliche Erze sind gute Eleiter (Elektricitätsleiter). Die Erze zerfallen in zwei Abtheilungen oder vier Ordnungen: Edelerze, Meischerze, Polerze und Rosterze.

Erste Abtheilung: Die Guterze.

Die Guterze rosten nicht in feuchter Luft (Blei ausgenommen) und werden fast alle durch Wasserstoff entrostet.

Erste Ordnung: Die Edelerze.

Die Edelerze rosten in der Hitze nicht, sondern verlieren in der Hitze den Sauerstoff; auch werden sie alle durch Wasserstoff des Sauerstoffes beraubt.

24. Gold. Das Gold ist das edelste Erz, welches zu dem Sauerstoffe die geringste Verwandtschaft zeigt und am geschmeidigsten ist. Es findet sich fast nur gediegen oder gemischt mit Silber und Tell. In einfachen Säuren ist es unlöslich und löst sich nur in Königswasser (N_2O_5 mit HCl). Mit Schwefel verbindet es sich nicht unmittelbar.

25. Silber. Das Silber ist das weiseste Erz; es rostet bei keinem Wärmegrade und ist äusserst geschmeidig. In Stickfüure (N_2O_5) und heiser Schwefelfüure ist es auflöslich und verbindet sich leicht mit Schwefel. Den Sauerstoff nimmt es beim Schmelzen auf und giebt ihm beim Erstarren wieder ab.

26. Queck. Das Queck ist das flüssige Erz. Dasselbe bildet

Dritte Klasse: Die Erze. Der Name ist sehr alt *ayas*, *sskr. ayas*, *lat. aes*, *goth. aiz*, *an. cir*, *agf. ar*, *ahd. er*, davon *abd. aruzi*, *crezi*, *mhd. arze*, *erze*, *nhd. Erz* und bezeichnet ein Erz oder Metall.

24. Das Gold, ein alter deutscher Name, stammt vom Verb *ghar*, *sskr. ghar*, leuchte, glänze und lautet *gharta*, *goth. gulth*, *af. agf. gold*, *nhd. Gold*, also das Glänzende. Der Stoff war schon um 2500 vor Chr. bekannt.

25. Das Silber. Der Name *goth. silubr*, *an. silfr*, *altf. silubar*, *ahd. silapar*, *silbar*, *nhd. Silber*, ist unzweifelhaft zusammengesetzt aus *sil* und *bar*. Der erste Teil stammt vom alten Verb *svar*, *sskr. sur*, der Erweiterung von *sya*, *svi* leuchte, glänze ab, von dem griech. *selēnē*, Mond, *lat. sol* Sonne, und deutsch *sil* abgeleitet ist und bezeichnet *sil* Glanz, Schein, *bar* tragend, also das Silber das Glanz tragende. Der Stoff war schon um 2500 vor Chr. bekannt.

26. Das Queck stammt vom alten Verb *gvi*, *sskr. ji*, *zend. ji*, lebe, das in seiner Wiederholung *gvigv-*, *gviv*, *sskr. jiv*, *lat. viv*, griech. *biv-*, *lit. gyv* lautet und von dem *gviva*, *sskr. jiva*, griech. *bivos*, *lat. vivus*, *lit. gyvas*, *qvius* (Tema quiva) Leben, lebendig, *ahd. quack*, *nhd. quiek* stammen. Es bezeichnet also das lebendige Erz. Der Stoff war schon um 50 nach Chr. bekannt.

beim andauernden Sieden ein Rost, welches sich aber in der Hitze von selbst zerlegt. In Stickfäure und heiser Schwefelfäure ist es auflöslich und verbindet sich leicht mit Schwefel.

27—32. Platin, Rod, Irid, Osme, Pallad und Ruthen. Die sechs Erze bilden eine Zunft, welche gemeinsames Vorkommen, entsprechende Verbindungen und Beziehungen zeigt. Alle Erze dieser Zunft verdichten in fein pulvrigem Zustande den Sauerstoff, das Platin selbst bis zu 1000 Luftäulen (Atmosphären). alle zeichnen sich durch ein großes Raumgewicht aus.

27. Platin. Das Platin ist in einfachen Säuren unlöslich, nur in Königswasser löslich; ist nur in Knallgasgebläse schmelzbar. ist höchst dehnbar und rostet bei keinem Wärmegrade.

28. Rod. Das Rod (Rodium) ist in keiner Säure löslich. im Knallgasgebläse sintert es nur zusammen. In pulvrigem Zustande rostet es in der Hitze.

29—30. Irid und Osme. Diese Erze sind in keiner Säure löslich, auch im Knallgasgebläse unschmelzbar. Irid rostet bei keinem Wärmegrade, Osme (Osmium) rostet an der Luft zu flüchtiger Säure Os_2O_5 .

31. Pallad. Das Pallad ist in Stickfäure löslich. Im Knallgasgebläse verbrennt es. Es rostet bei geringer Hitze, verliert aber bei höherer Wärme den Rost.

32. Ruthen. Das Ruthen ist mit Irid und Osme vergesellschaftet, in Säuren fast unlöslich, schwer schmelzbar und rostet in pulvrigem Zustande in der Hitze.

27. Das Platin ist 1803 von Tennant entdeckt und nach dem spanischen Namen des Silbers „la plata“ platina benannt, weil es dem Silber in Farbe ähnlich ist.

28. Das Rod (Rodium) ist 1803 von Wollaston entdeckt und aus dem griech. ródeos, rosenfarb benannt wegen der roten Farbe seiner Oxydsalze.

29. Das Irid ist 1803 von Tennant entdeckt und nach der griech. Göttin iris, íridos, der Göttin des Regenbogens benannt, weil die Löfungen alle Farben des Regenbogens zeigen.

30. Das Osme (Osmium) ist 1803 von Tennant entdeckt und nach dem griech. Worte osmé, der Geruch benannt, weil die flüchtige Osmiumsäure einen stechenden Geruch hat. Das Wort stammt vom alten Verb vad, griech. ózō für od-jō, lat. od-or, mhd. wāz-e, rieche, dufte.

31. Das Pallad ist 1803 von Wollaston entdeckt und nach der griech. Göttin pallás, palládos benannt.

32. Das Ruthen ist 1844 von Claus entdeckt; der Ursprung des Namens ist mir unbekannt.

Zweite Ordnung: Die Meischerze.

Die Meischerze rosten in der Hitze, aber nicht bei gewöhnlicher Wärme. Sie zerfallen in zwei Gruppen von 4 bis 5 Erzen. In der ersten wird das Erz durch Wasserstoff entrostet, dagegen das Wasser durch das Erz nicht zerfetzt; in der zweiten wird das Erz durch Wasserstoff nicht entrostet, dagegen das Wasser durch das Erz bei Gegenwart von Säuren zerfetzt.

33. Bismut. Das Bismut wird beim Ausschmelzen in gelinder Hitze als Erz gewonnen, beim Schmelzen an der Luft rostet es.

34. Blei. Das Blei ist sehr weich, rostet in feuchter Luft und beim Schmelzen.

35. Thall. Das Thall (Thallium) läuft an der Luft an.

36. Kupfer. Das Kupfer ist sehr geschmeidig, rostet in feuchter, kohlenfaurer Luft oder beim Glühen. Mit Zink bildet es das Messing, mit Zinn die Bronze, das Geschützerz, Glockenerz u. s. w.

37. Uran. Das Uran verbrennt in Luft erhitzt, mit grossem Glanze.

38. Zinn. Das Zinn bleibt in feuchter Luft unverändert, rostet geschmolzen. In Weissglühhitze verbrennt es mit Flamme.

33. Das Bismut ist 1546 von Agricola dargestellt, der Name ist unklar, die Ableitung vollständig dunkel.

34. Das Blei. Der Name stammt vom alten Verb bhräg, sskr. bhrāj, gr. phlég-ō, lat. flag-rāre, agf. blic-a, mhd. brähe, leuchte, wovon ahd. pleih, nhd. bleich und abd. plio, blio, mhd. blī, blīwes, nhd. Blei, und bezeichnet das Bleiche, Leuchtende. Das Erz war schon um 1000 vor Chr. bekannt.

35. Das Thall (Thallium) ist 1862 von Lamy und Crookes durch Spektralanalyse entdeckt und da es zwischen den Frauenhofer'schen Linien D und E eine kräftige grüne Linie zeigt, nach dem griech. thallós grüner Spross benannt.

36. Das Kupfer. Der Name ist aus dem lat. cuprum entlehnt und lautete hier zuerst aes cyprum oder kyprisches Erz, weil die Römer dies Erz aus Kýpros oder Cypern erhielten. Das Erz war schon um 1000 vor Chr. bekannt.

37. Das Uran ist 1789 von Klaproth entdeckt und nach dem griech. Gotte ūranós, dem Vater der Titanen, benannt.

38. Das Zinn. Der Name ist aus dem lat. stannum entlehnt, lautet an. agf. tin, ahd., mhd. zin. Im Lat. ist der Name stannum ursprünglich stagnum geschrieben und findet man noch stanneus und stagnus neben einander; er ist hier aus dem griech. tò stáigma der Tropfen entlehnt. Der Name stammt vom alten Verb stag, sskr. sihag, griech. stég-ō, lat. tego. lit. stegu, an. thek-ja, ahd. decch-ja, nhd. decke, das als Substantiv staga, griech. stégē Dach bezeichnet; davon stammt das griech. Verb stázō für stág-ō, träufle vom Dache, und hiervon stáigma, stágōn der Tropfen, letzteres auch für leicht flüssiges Erz gebraucht,

39. Kad. Das Kad (Cadmium) verbrennt in Luft erhitzt.
 40. Gall. Das Gall (Gallium) verbrennt in Luft erhitzt.
 41. Ind. Das Ind (Indium) verbrennt in Luft erhitzt.

Zweite Abteilung: Die Gemeinerze.

Die Gemeinerze rosten (auser Kobalt und Nickel) in feuchter Luft und zersetzen bei Gegenwart einer Säure das Wasser.

Dritte Ordnung: Die Polerze

Die Polerze besitzen sämmtlich Polkraft oder Magnetismus und können sämmtlich (mit Ausnahme des Mangan) durch Wasserstoff in der Hitze entrostet werden.

42. Kobalt. Das Kobalt bleibt in der Luft unveränderlich.
 43. Nickel. Das Nickel bleibt in feuchter Luft unveränderlich.

dieser Name ist ins Lat. übergegangen, lautet hier *stagnum*, später *stannum* und bezeichnet zunächst leichtflüssiges Erz, Werkblei. dann seit dem 4. Jahrhundert n. Chr. Zinn. Das Erz war schon um 1000 vor Chr. bekannt.

39. Das Kad (Cadmium) ist nach dem griech. *kadmia*, lat. *cadmia*. Galmei benannt, da es als Oxyd in dem Galmei vorkommt: es ist 1817 von Stromeyer entdeckt.

40. Das Gall (Gallium) ist 1875 von Lecoq de Boisbaudran entdeckt und zur Ehre Galliens benannt.

41. Das Ind (Indium) ist 1863 von F. Reich und Th. Richter in Freiberg durch Spektralanalyse entdeckt und weil es zwischen den Frauenhofer'schen Linien F und G eine sehr intensiv blaue, zwischen G und H eine schwächere violette zeigt, nach diesen beiden Linien benannt.

42. Das Kobalt ist 1733 von Brandt entdeckt und nach dem bösen Berggeiste, dem Kobold, benannt, da die Bergleute dies Erz früher nicht zu benutzen wussten, sondern es, da es mit Eisen, Arsenik und Schwefel vorkam und mit dem letztern das Eisen spröde und unbrauchbar machte. für schädlich. und wegen des Schwefelgeruches für ein Erzeugnis des bösen Berggeistes Kobold hielten. Kobold aber ist aus dem griech. *kóbālos* entlehnt. Dies Wort stammt vom alten Verb *kab*, sskr. *kav*, griech. *kápto* für *káb-jō*, nhd. *happe*, *schnappe*, *fresse* begierig, von welchem griech. *káb-asos* und *káb-aisos*, gefräßig. und gr. *kabállēs*, lat. *caballus*, ksl. *kobyła*, nhd. Gaul. ein schlechtes. gefräßiges Pferd abgeleitet ist. Griech. *kóbālos* bezeichnet demnach einen Schmarotzer, einen Schmeichler und Possenreiser, endlich einen neckischen Geist.

43. Das Nickel ist 1751 von Crönstedt entdeckt und aus ähnlichen Urfachen wie das Kobalt nach dem bösen Berggeiste, dem Nickel, benannt. Das Wort bezeichnet ein verworfenes Weibsbild, ein verkommenes Pferd und stammt, wie es scheint, vom alten Verb *kan*, *kvan*, tönen, das in einer spätern Form *knu*, sskr. *knu* lautet, und von dem eine Menge deutscher Verben für Geräusche, wie knarren, knirren, knurren, knirschen. knallen, knacken, knistern abgeleitet sind, danach heist agf. *hnaegu* wiehern, bair. *gnucco* ein kleines Pferd.

erhitzt rostet es ein wenig. Es bildet wahrscheinlich einen nicht unbedeutenden Teil des Erdkernes. Mit Kupfer und Zink bildet es das Neufilber.

44. Eifen. Das Eifen rostet in feuchter Luft und in Hitze. Von der Erde bildet es wahrscheinlich $68\frac{1}{2}\%$ des Gewichts. In Pflanzen und Tieren bildet es einen wesentlichen Bestandteil. Mit etwas Kohle bildet es das Guseifen, das Stabeifen und den Stahl.

45. Mangan. Das Mangan rostet schnell in Luft, wie in Wasser, das es auch ohne Säuren des Wasserstoffes beraubt. Durch Kohlenpulver wird es nur in heftigstem Gebläsefeuer entrostet.

Vierte Ordnung: Die Rosterze.

Die Rosterze verbrennen in der Hitze und können nicht durch Wasserstoff, auch (ausser Zink) nicht durch Kalium oder Kohle entrostet werden.

46. Zink. Das Zink wird in der Luft grau, zerfetzt Wasser in Glühhitze, verbrennt in Siedhitze. Durch Kohle wird es beim Kochen entrostet. Die andern Erze ausser Eifen werden durch Zink aus ihren Lösungen als Erze ausgetrieben.

47. Cer. Das Cer zerfetzt heisses Wasser, wird durch Kalium entchlort. Das Cer ist kein Eleiter (elektrischer Leiter).

48. Lanthan. Das Lanthan zerfetzt kaltes Wasser und verbrennt bei geringer Hitze an der Luft. Durch Kalium wird es entchlort.

44. Das Eifen, goth. eisarn, an. isarn u. jarn, altf., ahd. isarn, agf. alth. isern, schw. jern ist derselben Abstammung mit Erz. Das Eifen war schon um 2500 vor Chr. bekannt.

45. Das Mangan ist 1774 von Gahn entdeckt und wegen seiner trefflichen Eigenschaften nach dem griech. Worte manganon, Zaubermittel benannt. Dies Wort stammt vom Worte mágos, dem Namen des persischen Priesters und Weisen, der in Zauberkünsten bewandert ist. Dieser Name endlich stammt vom alten Verb magh, vermag und bezeichnet den Mächtigen, der viel vermag.

46. Das Zink ist zuerst um 1530 von Paracelsus, geb. 1493, dargestellt. Es hat wahrscheinlich den Namen wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Zinn erhalten.

47. Das Cer ist 1803 von Berzelius entdeckt und nach der römischen Göttin des Ackerbaues, der Ceres benannt.

48. Das Lanthan ist 1839 von Mosander entdeckt und nach dem griech. Worte lánthanon, das Verborgene benannt, weil es in den Cerverbindungen verborgen war. Das Wort stammt vom alten Verb radh, sskr. rah, verlasse, griech. lant-h-ánō bin verborgen.

49. Didym. Das Didym zerfetzt kaltes Wasser und verbrennt in der Weingeistflamme.

Vierte Klasse: Die Gries.

Die Gries sind die —Stoffe, welche nie als Grundstoffe, sondern als Roste oder deren Verbindungen gefunden werden. Die Roste derselben heißen Erden. Die Gries zerfallen in zwei Abtheilungen oder vier Ordnungen: in Yttergries, Thongries, Kalkgries und Laugengries.

Erste Abtheilung: Die Gutgries.

Die Gutgries bleiben in Luft und in Wasser bei gewöhnlicher Wärme unveränderlich und verbrennen erhitzt; durch Kalium werden sie entchlort. Die Erden sind in Wasser unlöslich.

Erste Ordnung: Die Yttergries.

Die Yttergries bleiben auch in heissem Wasser unveränderlich, verbrennen gelinde erhitzt. Die Erden sind in Aetzkali unlöslich. Alle diese Erden sind Roste, die auf 1 Korb Gries 1 Korb Sauerstoff haben.

50—51. Ytter und Erb. Die beiden Stoffe bilden eine Zunft, welche stets vergesellschaftet vorkommt und selten ist.

52. Thor. Das Thor ist ein seltener Stoff.

49. Das Didym ist 1842 von Mosander entdeckt und als Genosse des Lanthan nach dem griech. Worte *dídymos* der Zwilling benannt. Der Name stammt vom alten Zahlwort *dva, dvi*, sskr. *dva, dvi*-, griech. *dýo, dvi*, lat. *duo* *bi*, goth. *tva-i*, nhd. *zwei*, und ist durch Wiederholung desselben *didý* mit der Ableitungssilbe *mos* gebildet.

Vierte Klasse: Die Gries. Der Name stammt vom alten Verb *ghrād* oder *ghrad*, sskr. *hrād* *rassle*, *töne*, goth. *grēta* *weine*, mhd. *grāze* *schreie*. Das Gries, ahd. *grioz*, bezeichnet also das Rassende, die Erdkörner, welche beim Betreten ein Geräusch geben.

50. Das Ytter ist 1843 von Mosander entdeckt und nach dem Fundorte, dem schwedischen Kirchspiele Ytterby benannt, nach Abwerfung der Endung *by*.

51. Das Erb ist 1843 von Mosander entdeckt und nach dem Fundorte, dem schwedischen Kirchspiele Ytterby benannt, nach Abwerfung des Anfangs *Ytt*, so dass *Erby* bleibt.

52. Das Thor ist 1828 von Berzelius entdeckt und nach dem nordischen Gotte Thor, dem Sohne Odins und der Erde, *Fiörgin*, benannt. Dieser Name stammt von *stan, tan*, sskr. *tan*, lat. *ton-o*, agf. *thunja*, nhd. *don-nern*, davon ist af. *thunar*, agf. *thun-or*, ahd. *don-ar*, nhd. *Donner* abgeleitet und an. *thorr* für *thon-r* der Donnergott *thor* benannt.

Zweite Ordnung: Die Thongriese.

Die Thongriese verbrennen erhitzt. Die Erden sind Roste, welche auf 2 Korb Gries 3 Korb Sauerstoff haben.

53. Zirkon. Das Zirkon ist selten. Die Erde ist in Actzkali unlöslich.

54. Beryll. Das Beryll ist selten. Die Erde ist in Actzkali und Säuren auflöslich.

55. Thon. Der Thon bildet von der Erde etwa 2% des Gewichtes, von der Erdrinde 14 bis 20%. Die Erde ist in Actzkali und Säuren auflöslich.

Zweite Abteilung: Die Gemeingriese.

Die Gemeingriese (ausser Talk) rosten in Luft und in Wasser und werden durch Kalium nicht entchlort; dieselben können nur durch starke Eströme (elektrische Ströme) entrostet werden. Die Erden sind in Wasser mehr oder weniger auflöslich und ätzend und sind sämmtlich Roste, welche auf 1 Korb Gries 1 Korb Sauerstoff haben.

Dritte Ordnung: Die Kalkgriese.

Die Erden der Kalkgriese sind in kaltem Wasser schwer löslich. Die schwefelsauren Salze bilden (ausser bei Talk) Niederschläge.

56. Talk. Der Talk bildet von der Erde etwa 1% des Ge-

53. Das Zirkon ist 1823 von Berzelius entdeckt und nach dem griech. *kirkôn*, der in einen Ring *kirkos* eingefaste, genannt. Das Wort stammt von *kak*, Nebenform *kark*, binde umgürte, und bezeichnet danach den Ring, als umgürtenden.

54. Das Beryll ist 1828 von Woehler entdeckt und nach dem griech. *béryllos*, dem Namen des betreffenden Edelsteines, benannt. Die Abstammung ist dunkel; es möchte der Name von *bhar*, bohre, spalte herkommen, danach bezeichnet *bûrathron* die Kluft, den Felsenschlund, demnächst aber auch den Weiberschmuck, und ebenso *béryllos* einen Edelstein, der aus den Schluchten der Felsen gewonnen; doch ist die Form nicht genau entsprechend, da *bh* im Griechischen meist in *ph* übergeht.

55. Der Thon ist 1827 von Woehler einfach dargestellt. Der Name stammt von *dhā*, sskr. *dhā*, griech. *thē*, the, goth. *dē*, af. *du-a*, ahd. *tu-a*, nhd. *thue*, stelle, mache; davon ist abgeleitet *dhākā*, sskr. *dhāka*, gr. *thékē*, ahd. *dāhā*, *tāhe* ein Gefäß, mhd. um 1483 *tahen*, der Thon, also der Stoff für zu machende Gefäße.

56. Der Talk ist 1808 von Davy einfach dargestellt. Der Name stammt wahrscheinlich vom Verb *dharg*, sskr. *dhraj*, griech. *thélgō*, streiche, bestreiche, beschmiere; danach ist das Talg und die sich demselben ähnlich anfühlende Erdart, der Talk, genannt. Der deutsche Name ist aus dem perf. Namen *talk* entlehnt.

wichtiges, von der Erdrinde 6 bis 10⁰ u. Er bleibt in Luft und Wasser bei gewöhnlicher Wärme unverändert, verbrennt beim Erhitzen und wird durch Natrium entchlort. Die Talkerde ist in Wasser fast unlöslich, das Bitterfalz MSO_4 ist leicht auflöslich.

57. Kalk. Der Kalk bildet etwa 1⁹⁰₀ des Erdgewichtes und 12 bis 18% von der Erdrinde. Er rostet schnell in Luft und Wasser. Die Kalkerde ist in 1000fachem Wasser löslich. und verbindet sich in feuchter, kohlenfaurer Luft mit der Kohlenfäure welche in Hitze wieder ausgetrieben wird.

58—59. Stront und Bar. Beide Stoffe Stront (Strontium) und Bar (Barium), bilden eine Zunft. deren Verbindungen und Beziehungen sich entsprechen. Die Erden sind in heissem Wasser leicht löslich. Die schwefelsauren Salze sind ganz unlöslich.

Vierte Ordnung: Die Laugengriese.

Die Laugengriese zersetzen das kalte Wasser unter Verpuffungen. Die Erden der Laugengriese sind (außer Lithion) in kaltem Wasser leicht auflöslich. werden an der Luft feucht und wirken stark ätzend. Die Verbindungen derselben bilden einen Hauptbestandteil der Pflanzen und Tiere und sind bei der Nahrung unentbehrlich. Alle ihre Saurstoffverbindungen sind auflöslich.

60. Lith. Die Erde des Lith (Lithium) ist in Wasser schwer löslich und wird in der Luft nicht feucht. Das phosphorsaure Salz LP_2O_6 wird niedergeschlagen.

57. Der Kalk ist 1808 von Davy einfach dargestellt. Der Name stammt vom alten Verb ghar, leuchte, brenne, sskr. ghar, wovon griech. char-opós funkelnd und chalkós Erz, Kupfer, sowie chálx der Kalkstein. d. h. der leuchtende, brennende Stein. Dieses Wort ist ins Latein übertragen. heist hier calx. calcis und dies endlich ist unverändert ins Deutsche eingewandert.

58. Das Stront (Strontium) ist 1808 von Davy entdeckt und nach dem Bergwerke Strontian in der schottischen Grafschaft Argyle, wo es zuerst gefunden ist, benannt.

59. Das Bar (Barium) ist 1808 von Davy entdeckt und ist von ihm, da es im Schwerspat, dessen Raumgewicht 4₃ bis 4₇ beträgt, gefunden ist. wegen seiner Schwere nach dem griechischen Worte barý „schwer“ benannt. Der Name stammt vom alten Verb gvar, sskr. gal falle, griech. bál-lō für baljō, mache, falle ab, und lautet ursprünglich gvaru, sskr. garu und guru, gr. barý-s, lat. grav-is, goth. kauri.

60. Das Lith (Lithium) ist 1808 von Davy zuerst dargestellt und nach dem griech. Worte lítheion „steinern“ benannt.

61. Nater. Das Nater (Natrium) bildet von der Erde etwa $\frac{2}{3}\%$ des Gewichtes, von der Erdrinde 1 bis 6 $\%$, vom Meere 1 $\%$. Es entzündet sich nicht auf kaltem, wohl aber auf heissem Wasser. Die Erde ist in Wasser auflöslich, wird an der Luft feucht und bildet kohlensaures Salz (Na_2CO_3).

62. Kal. Das Kal (Kalium) bildet von der Erde $\frac{1}{3}\%$ des Gewichtes, von der Erdrinde 2 bis 3 $\%$. Es entzündet sich auf Wasser. Die Erde zerfließt an der Luft und nimmt schnell Kohlensäure auf. Die meisten Roste werden von der Erde des Kaliums aus ihren Verbindungen ausgetrieben.

63—64. Rubid und Cas. Die beiden Stoffe verhalten sich dem Kal ganz ähnlich. sind aber sehr selten.

Anschliessend an diese Uebersicht der Grundstoffe gebe ich eine Tafel der einfachen Verbindungen der Grundstoffe.

61. Das Nater (Natrium) ist 1807 von Davy zuerst dargestellt. Der Name ist aus dem griech. Namen des Natrons, *nítron*, genommen. Es ist zuerst aus Egypten gekommen und heist im Hebraischen *nether*, weil es aus dem Erdboden hervorwächst, herausspringt, von *nāthar* springe hervor.

62. Das Kal (Kalium) ist 1807 von Davy zuerst dargestellt. Der Name ist aus dem arabischen Worte *Kali* entlehnt.

63. Das Rubid ist 1861 von Kirchhoff und Bunsen entdeckt und nach dem lat. Worte *rubidum*, „dunkelrot“ benannt. Der Name stammt vom alten Stamm *rudh*, sskr. *roh*, griech. *e-reuth*, an. *rioda*, *röte*, *rot*, wovon *rudhara*, sskr. *rudhira*, gr. *lúthron* Blut, lat. *ruber*, *rubidus* rot.

64. Das Cas (Cäsium) ist 1861 von Kirchhoff und Bunsen entdeckt und nach dem lat. Worte *caesium* „blaugrau“ benannt. Der Name stammt vom alten Verb *kas*, sskr. *kash*, lat. *cār* für *cās*. lit. *kas-aù* kratze, schabe, polire, davon ist *kashya*, sskr. *kashāya* lichtbraun, lat. *caesius* lichtgrau, blaugrau, d. h. eigentlich polirt. von Farbe des Polirten abgeleitet.

Tafel der einfachen Ver-

No.	Stoff	Zeichen	Flussstämme	Chlorstämme	Bromstämme
-----	-------	---------	-------------	-------------	------------

I. Bilder.

1. Salzbilder.

2	Chlor	Cl			
3	Brom	Br		BrCl, BrCl ₂	
4	Jod	J		JCl, JCl ₂	BrJ, JBr

2. Stammbilder.

6	Schwefel	S		SCl, SCl ₂ , SCl ₃ , SCl ₄	-Br, -Br ₂
7	Selen	Se		SeCl ₂ , SeCl ₃	
8	Tellur	Te	TeF ₄	TeCl ₂ , TeCl ₄	TeBr ₂ , TeBr ₄

3. Wurzelbilder.

9	Stick	N		NCI ₂	NBr
10	Phosphor	P	PF ₃	PCl, PCl ₂ , PCl ₃	PBr
11	Arfen	As	AsF ₃	AsCl ₃	AsBr
12	Spies	Sb	SbF ₃	SbCl ₂ , SbCl ₃	SbBr

4. Zellbilder.

13	Kohlenstoff	C		CCl, CCl ₂ , CCl ₃ , CCl ₄	CBr ₂
14	Wasserstoff	H	HF	HCl	HBr

II. Kiese.

5. Kieselkiese.

15	Bor	B	BF ₃	BCl ₃	
16	Kiesel	Si	SiF ₆	SiCl ₆	SiBr ₆

6. Tankiese.

17	Titan	Ti	TiF ₃	TiCl ₂ , TiCl ₃	
18	Niob	Nb			
19	Tantal	Ta		TaCl ₃ , TaCl ₄	

7. Chromkiese.

20	Chrom	Cr	CrF ₃ , CrF ₆	CrCl ₂ , CrCl ₃ , CrCl ₆	CrBr ₃
21	Vanad	V	VF ₄ , VF ₆	VCl ₄ , VCl ₅	VBr ₄

8. Molkiese.

22	Mol	Mo	MoF ₂ , MoF ₄ , MoF ₆	MoCl ₂ , MoCl ₃ , MoCl ₆	
23	Scheel	W	WF ₆	WCl ₄ , WCl ₆	WBr ₆

III. Erze.

9. Edelerze.

24	Gold	Au		AuCl, AuCl ₃	AuBr ₃
25	Silber	Ag	AgF ₂	AgCl, AgCl ₂	AgBr ₂
26	Queck	Hg	HgF ₂ , HgF ₄	HgCl, HgCl ₂	HgBr, HgBr ₂
27	Platin	Pt	PtF ₄	PtCl ₂ , PtCl ₄	PtBr ₄
28	Rod(ium)	R		RCl, RCl ₃	
29	Irid	Jr		IrCl ₂ , IrCl ₃ , IrCl ₄ , IrCl ₆	

bindungen der Grundstoffe.

Jodstämme	Saurstämme	Schwefelstämme
	$\text{Cl}_2\text{O}, \text{Cl}_2\text{O}_2, \text{ClO}_2, \text{Cl}_2\text{O}_3, \text{Cl}_2\text{O}_7$ Pr_2O_3 $\text{J}_2\text{O}_3, \text{J}_2\text{O}_7$	
$\text{SeJ}_2, \text{SeJ}_4$	$\text{SeO}, \text{SeO}_2, \text{SeO}_3, \text{SeO}_5$ $\text{SeO}, \text{SeO}_2, \text{SeO}_3$	SeS_2 TeS_2
$\text{FeJ}_2, \text{FeJ}_4$	$\text{TeO}_2, \text{TeO}_3$	
NJ_2	$\text{N}_2\text{O}, \text{NO}, \text{N}_2\text{O}_2, \text{N}_2\text{O}$	
PJ, PJ_2	$\text{P}_4\text{O}, \text{P}_2\text{O}, \text{P}_2\text{O}_3, \text{P}_2\text{O}_5$ $\text{As}_2\text{O}_3, \text{As}_2\text{O}_5$	$\text{P}_4\text{S}, \text{P}_2\text{S}, \text{P}_2\text{S}_2, \text{P}_2\text{S}_3, \text{P}_2\text{S}_5, \text{PS}_6$ $\text{As}_2\text{S}, \text{As}_2\text{S}_2, \text{As}_2\text{S}_3, \text{As}_2\text{S}_5, \text{As}_2\text{S}_7$
SbJ_2	$\text{Sb}_2\text{O}_3, \text{SbO}_2, \text{Sb}_2\text{O}_5$	$\text{Sb}_2\text{S}_3, \text{SbS}_2, \text{Sb}_2\text{S}_5$
CJ_2	$\text{CO}, \text{C}_2\text{O}_2, \text{CO}_2$	CS_2
HJ	$\text{H}_2\text{O}, \text{HO}$	$\text{H}_2\text{S}, \text{H}_2\text{S}_3$
	BO_3 SiO_3	BS_3 SiS_3
	$\text{TiO}, \text{Ti}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2$ Nb_2O_3 $\text{TaO}, \text{Ta}_2\text{O}_3$	Ta_2S_2 Ta_2S_3
CrJ_2	$\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{CrO}_3$	$\text{Cr}_2\text{S}_3, \text{CrS}_3$
VJ_4	$\text{VO}, \text{VO}_2, \text{VO}_3$	VS_2, VS_3
$\text{MoJ}_2, \text{MoJ}_4$	$\text{MoO}, \text{MoO}_2, \text{MoO}_3$ WO_2, WO_3	$\text{MoS}_2, \text{MoS}_3, \text{MoS}_4$ WS_2, WS_3
AuJ, AuJ_3	$\text{Au}_2\text{O}, \text{Au}_2\text{O}_3$	$\text{Au}_2\text{S}, \text{Au}_2\text{S}_3$
AgJ_4	$\text{Ag}_2\text{O}, \text{AgO}, \text{AgO}_2$	AgS
$\text{HgJ}, \text{HgJ}_2, \text{HgJ}_6$	$\text{Hg}_2\text{O}, \text{HgO}$	$\text{Hg}_2\text{S}, \text{HgS}$
$\text{PtJ}_2, \text{PtJ}_4$	PtO, PtO_2 $\text{RO}, \text{R}_2\text{O}_3$	PtS, PtS_2 RS
JrJ_4	$\text{JrO}, \text{Jr}_2\text{O}_3, \text{JrO}_2, \text{JrO}_3$	

No.	Stoff	Zeichen	Flussstämme	Chlorstämme	Bromstämme
30	Osme (Osmium)	Os		$\text{OsCl}_2, \text{OsCl}_3, \text{OsCl}_4, \text{OsCl}_6$	
31	Pallad	Pd	PdF_2	$\text{PdCl}, \text{PdCl}_2, \text{PdCl}_4$	PdBr_2
32	Ruthen	Ru		$\text{RuCl}_2, \text{Ru}_2\text{Cl}_3, \text{RuCl}_4$	
10. Meischerze.					
33	Bismut	Bi	BiF_3	BiCl_3	BiBr_3
34	Blei	Pb	PbF_2	PbCl_2	PbBr_2
36	Kupfer	Cu	CuF, CuF_2	$\text{CuCl}, \text{CuCl}_2$	$\text{CuBr}, \text{CuBr}_2$
37	Uran	U	UF_2, UF_3	$\text{UCl}_2, \text{UCl}_3$	UBr_2
38	Zinn	Sn	$\text{SnF}_2, \text{SnF}_4$	$\text{SnCl}_2, \text{SnCl}_4$	$\text{SnBr}_2, \text{SnBr}_4$
39	Cadmium	Cd	CdF_2	CdCl_2	CdBr_2
41	Ind	In		InCl_3	InBr_3
11. Polderze.					
42	Kobalt	Co	CoF_2	$\text{CoCl}_2, \text{CoCl}_3$	CoBr_2
43	Nickel	Ni	NiF_2	NiCl_2	NiBr_2
44	Eisen	Fe	$\text{FeF}_2, \text{FeF}_3$	$\text{FeCl}_2, \text{FeCl}_3$	$\text{FeBr}_2, \text{FeBr}_3$
45	Mangan	Mn	$\text{MnF}_2, \text{MnF}_3, \text{MnF}_7$	$\text{MnCl}_2, \text{MnCl}_3, \text{MnCl}_7$	MnBr_2
12. Rosterze.					
46	Zink	Zn	ZnF_2	ZnCl_2	ZnBr_2
47	Cer	Ce	$\text{CeF}_2, \text{CeF}_3$	$\text{CeCl}_2, \text{CeCl}_3$	CeBr_2
48	Lanthan	La		$\text{LaCl}_2, \text{LaCl}_3$	
49	Didym	Di		DiCl_2	
IV. Griesen.					
13. Yttergriesen.					
50	Ytter	Y	YF_2	YCl_2	YBr_2
51	Erb	Er			
52	Thor	Th	ThF_2	$\text{ThCl}_2, \text{ThCl}_4$	ThBr_2
14. Thongriesen.					
53	Zirkon	Zr	ZrF_3	ZrCl_3	ZrBr_3
54	Beryll	Be	BeF_3	BeCl_3	BeBr_3
55	Thon	Al	AlF_3	AlCl_3	AlBr_3
15. Kalkgriesen.					
56	Talk	Mg	MgF_2	MgCl_2	MgBr_2
57	Kalk	Ca	CaF_2	CaCl_2	CaBr_2
58	Stront(ium)	Sr	SrF_2	SrCl_2	SrBr_2
59	Bar(ium)	Ba	BaF_2	BaCl_2	BaBr_2
16. Laugengriesen.					
60	Lith(ium)	L	LF	LCl	
61	Nater (Natrium)	Na	NaF	NaCl	NaBr
62	Kal(ium)	K	KF	KCl	$\text{KBr}, \text{KrBr}_3$
63	Rubid	Rb		RbCl	
64	Cäs(ium)	Cs		CsCl	

Jodstämme	Saurstämme	Schwefelstämme
PdJ, PdJ ₂	OsO, Os ₂ O ₃ , Os ₂ O ₂ OsO ₃ , OsO ₃ Pd ₂ O, PdO, PdO ₂ RuO, Ru ₂ O ₃ , RuO ₂ , RuO ₃	PdS
BiJ ₃ PbJ ₂ CuJ, CuJ ₂ UJ ₂ SnJ ₂ , SnJ ₄ CdJ ₂ InJ ₃	BiO, Bi ₂ O ₃ , BiO ₂ , Bi ₂ O ₃ PbO, Pb ₂ O ₃ , PbO ₂ Cu ₂ O, CuO, CuO ₂ UO, U ₂ O ₃ SnO, Sn ₂ O ₃ , SnO ₂ Cd ₂ O, CdO InO, In ₂ O ₃ , InO ₃	BiS, Bi ₂ S ₃ Pb ₂ S, Pb ₂ S ₃ , PbS Cu ₂ S, CuS U ₂ S ₃ SnS, Sn ₂ S ₃ , SnS ₂ CdS In ₂ S ₃
CoJ ₂ NiJ ₂ FeJ ₂ , FeJ ₆ MnJ ₂	CoO, Co ₂ O ₃ , CoO ₂ NiO, Ni ₂ O ₃ FeO, Fe ₂ O ₃ MnO, Mn ₂ O ₃ , MnO ₂ , MnO ₃	CoS, Co ₂ S ₃ , CoS ₂ , CoS ₃ NiS, NiS ₂ Fe ₂ S, Fe ₂ S ₃ , FeS ₂ , FeS ₃ MnS
ZnJ ₂	ZnO, ZnO ₂ CeO, Ce ₂ O ₃ LaO DiO, Di ₂ O ₃	ZnS CeS, Ce ₂ S ₃
YJ ₂	YO ErO ThO	YS ThS
BeJ ₃	Zr ₂ O ₃ Be ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	Zr ₂ S ₃ Be ₂ S ₃ Al ₂ S ₃
MgJ ₂ CaJ ₂ SrJ ₂ BaJ ₂	MgO CaO, CaO ₂ SrO, SrO ₂ BaO, BaO ₂	MgS, MgS ₂ , Mg ₂ S ₃ CaS, Ca ₂ S ₅ SrS, SrS ₂ BaS, BaS ₂
LJ	L ₂ O, LO	L ₂ S, LS, L ₂ S ₃ , LS ₂ , L ₂ S ₅
NaJ KJ, KJ ₂ , KJ ₃	Na ₂ O, NaO, Na ₂ O ₃ K ₂ O, KO, KO ₃	Na ₂ S, NaS, Na ₂ S ₃ , NaS ₂ , Na ₂ S ₅ K ₂ S, KS, K ₂ S ₃ , KS ₂ , K ₂ S ₅

Eine Beschreibung dieser einfachen Verbindungen würde uns zu weit führen, die folgende Tafel bietet die Erkennungszeichen der wichtigeren unter diesen Verbindungen. Es sind in dieser Tafel die folgenden Abkürzungen angewandt:

a = auflöslich.

F = Färbung der Flüssigkeit.

g = gefällt.

k = in konzentrirten Auflösungen.

u = unauflöslich.

U'' = im Ueberschusse des Fällungs-mittels.

v = voluminöser oder raumgroßer Niederschlag.

.... = nach einiger Zeit.

0 = keine Veränderung.

Die Farbe ist, wo nichts anderes bemerkt ist. weiß.

Die Erkennungszeichen der wichtigsten einfachen Verbindungen.

	K ₂ O	NH ₃	K ₂ CO ₃	Na ₂ CO ₃	K ₂ C ₂ O ₅	N ₄ H ₁₆ C ₃ O ₈	KCO	FeSO ₄	HgN ₂ O ₆	Na ₄ P ₂ O ₇ + H ₂ O	K ₂ CrO ₄				K ₂ S	NH ₃ S	H ₂ S	HCl	SnCl ₂	H ₂ CN	K ₂ FeC ₃ N ₃	K ₃ Fe ₂ C ₆ N ₆	Galläpfel- aufguss.	Bei quantitativer Analyse gefällt durch	bestimmt als	
Sb ₂ O ₃	weis, U ^a	weis, U ^u	weis, U ^u etwas a		U ^u	U ^u etwas a	vollständig g	...weis g			unvollst. g					rot, U ^a	rot g				weis g, in HCl u	0	weis (gelbw.) g	H ₂ S	Sb Sb ₂ S ₃	
Cr ₂ O ₃	grün g, beim Kochen U ^u	grau- blau (Kerzenlicht violet), beim Kochen U ^u	hellgrün g (violet) U ^a			hellgrün, U ^u ziemlich a	0			hellgrün g	braune F, mit NH ₃ g				weisl. grün, in HCl a	grün g (als Cr ₂ O ₃)	0				0	0		NH ₃	Cr ₂ O ₃	
VO ₂	grau- weis, U ^a a, in noch grösseren U ^u braun g	braun, U ^u	wie KO		grau, U ^a a mit blauer F											schwarz- braun, U ^a	0				gelb ... grün g	gallertart. grün g	dunkelblau g	durch H reducirt	VO	
MoO	braun- schwarz, U ^u	braun- schwarz, U ^u	braunschwarz, U ^u ein wenig a			braun- schwarz, U ^a	0			braunschw. g						braun- schwarz, U ^a	... braun- schwarz g				rötlich braun g		H ₂ S oder NH ₃ S + HCl	MoS ₂		
MoO ₂	braunschwarz, U ^u		braunschwarz, ... U ^a ... a				0			weisbräunl. g						gelbbraun, U ^a	... braun g			braun g						
AuCl ₃	0	gelb g (Knallgold)	0		0	gelb g (Knallgold)	grünl. schwarz g (Gold)	braun g (Gold)	schwarz g	0					gelbgrün g	schwarz, U ^a	schwarz g		dunkelrot, in HCl u	0	smaragd- grüne F	0	schwarz g (Gold)	FeSO ₄ C ₂ O ₃	Au	
Ag ₂ O	hellbraun g, in NH ₃ a	hellbraun, U ^a	weis g, in NH ₃ a			weis, U ^a	weis g, in NH ₃ a	weis g (Silber)		gelb g, in NH ₃ a	rotbraun				gelblich g, in NH ₃ wenig g	schwarz, U ^u	schwarz g	weis, in NH ₃ a	weis (AgCl)		weis g	rotbraun g	...schwarz, metall g	HCl	AgCl	
Hg ₂ O	schwarz g		schmutzig gelb g, heiss schwarz, U ^a		weis g, im Kochen schwarz g	grau g, im Kochen schwarz g	weis g			weis g	rot				grünl. gelb, U ^a	schwarz, U ^u	schwarz g	weis g, mit NH ₃ schw.	weis g (HgCl)		weis gallert- art. g	rotbraun ...weis	hellgelbl.	SnCl ₄ , P ₂ O ₅ oder C ₂ H ₂ O ₃ + HCl	Hg HgCl ₂	
HgO	gelb, U ^u	weis g	rotbraun, U ^u		bei Gegen- wart von NH ₄ Cl weis	weis g			weis		gelbrot				rot, U ^a	weis ...schwarz, U ^u	weis ...schwarz	0	weis g (HgCl ₂)		weis	gelb	0			
HgCl ₂	mit NH ₃ weis						geringe Trübung			0												0	0			
PtCl ₂	0	beim Ueber- schuss grün krystall g	bräunl. g, braunrote F		0	0	0	0	schwarz g	0					...schwarz metall g	braun, U ^a	braune F ...schwarz g		rotbraun F	0	0				NH ₄ Cl in Alkohol	Pt
PtCl ₄	gelb g (befonders in HCl)	ebenfo	ebenfo	in Kälte 0	wie KO	wie KO	0	0	gelbrötl. g	0					... braun g (metall)	schwarz- braun, U ^a	...schwarz- braun g		braunrot F	0	gelb g (PtCl ₄ + K ₂ O)	ebenfo	0			
R ₂ O ₃	0, beim Kochen braungelb g	gelblich g	...gelblich g			...gelb g	0	0		0					dunkle F ...wenig g	braun, U ^u	braun g (unvollst.)					0		mit K ₂ CO ₃ geglüht	R	
JrCl ₄	entfärbt ... blaue F.		hellrotbr. g, ... farblos wieder aufgelöst			entfärbt ... blaue F	... entfärbt	entfärbt ...grün g	hellbraun g	... entfärbt					entfärbt	braun, U ^a	entfärbt ...braun g		hellbraun g	0	entfärbt	0		NH ₄ Cl in Alkohol	Jr	
OsCl ₄	...schwarz g		...schw. g, bläuliche F		beim Kochen schwarz g	...schw. g	0	0	gelbl. weis g	...schw. g bläuliche F					...schwarz bläuliche F	bräunl. gelb, U ^u	... bräunlich gelb g		bräunlich g	0	0	0		H ₂ S, Hg ₂ C ₂ H ₂ O ₃	Os	
PdO	gelbbraun, U ^a	0	braun g, U ^a	braun, U ^u etwas a	braun, U ^a	0	0, KC ₂ O ₄ in neutralem Salze braun g	schw. g, grüne F	0	braun g						schwarz, U ^u	schwarz g		schwarz g (wenig)	gelbl. weis g	...Gallerte			HgCN	Pd	
PdCl ₂		fleischrot, U ^a					fleischrot, U ^a		schw. g																	
Bi ₂ O ₃	weis, U ^u		weis, U ^u			weis, U ^u	... krystall g	SO ₂		weis g	gelb, in N ₂ O ₅ a				braun, U ^a	schwarz, U ^u	schwarz g			weis g, in HCl u	blassgelb, in HCl a	gelbl. g		N ₄ H ₆ CO ₄	Bi ₂ O ₃	
PbO	weis, U ^a	weis, U ^u	weis, ... U ^u				weis g	weis g, in KO a		weis g	gelb, in N ₂ O ₅ u				gelb, U ^a	schwarz, U ^u	schwarz		weis g, in H ₂ O a	weis g	0	schmutzig gelb		NH ₄ CO ₂	PbO	
Cu ₂ O	weis ... gelb- braun U ^u	0, an der Luft blau	gelb g			wie NH ₃	weis g			weis g					weis g, kein freies Jod U ^a	schwarz, U ^u	braun			weis g	rotbraun g			K ₂ O	CuO	
CuO	blau, im Kochen schwarz, U ^u	grünl., U ^a a mit dunkel- blauer F	blau, im Kochen schwarz		grünl., U ^a a mit hell- bläul. F	dunkelblauer F	grünl. weis g			grünl. weis g	rotbraun, in NH ₃ a				weis g, freies Jod U ^a	braun, U ^u	braun		rotbraun g, in HCl u	gelbgrün g, in HCl u	0					
UO	braun, U ^u		schmutzig grünlich, U ^a				schmutzig gelbl. grün g			schmutzig grünlich, weis g						schwarz, U ^u	0				rotbraun	...rotbraun		NH ₃	U ₂ O ₃ , UO	
U ₂ O ₃	gelb, U ^u		gelb, U ^a a, ...gelb g		gelb, U ^a					weis (gelbl.) g						braun, U ^u	0				rotbraun	0	dunkelbraun			
SnO	weis, U ^a		weis, U ^u			weis, U ^u	weis g			durch Kochen mit N ₂ O ₅ in SO ₂ verwandelt	weis g				weis bis zinnoberrot, U ^a	braun, U ^a a (wenn frei S)	braun		dunkel pur- purrot g		weis, galert- artig g	weis g, in HCl a	hellgelblich g	N ₂ O ₅ C ₂ H ₂ O ₃ , NH ₃ H ₂ S	SnO ₂	
SnO ₂	weis, U ^u fehr a	weis, U ^u etwas a	weis, U ^a a ... g			weis, U ^u	0				weis g				0	gelbl., U ^a	...gelb				...gelbl. Gallerte, in HCl u	0	...Gallerte			
CdO	weis, U ^u	weis, U ^u fehr a	weis, U ^u				weis g, in NH ₃ a			weis g						gelb, U ^u	gelb				weis, gelbl. g, in HCl a	gelb, in HCl a	0	K ₂ CO ₃	CO	
CoO	blau ... grün, im Kochen meist blass- rot, U ^u	blau ... grün, U ^a a, rötl- braune F, bei Ammoniak 0	rot, im Kochen blau g			rot g, in NH ₄ Cl a, rote F	weis rötl. g			blau						schwarz, U ^u	0	(in neutralen einhe Spur g)			grün ... grau, in HCl u	braunrot, in HCl u	0	K ₂ O	CoO	
NiO	apfelgrün, U ^u	grün, U ^u fehr a	licht apfelgrün, U ^u etwas a			apfelgrün, U ^a	...grünl. g			weis (grünl.) g						schwarz, U ^u nicht ganz u	0				weis (grünl.) g, in HCl u	gelbgrün, in HCl u	0	K ₂ O	NiO	
FeO	weis ... grau ... grün ... rotbraun		ebenfo, doch in NH ₄ Cl a				... gelb g, in HCl a	Ag ₂ N ₂ O ₆																		

Für die Salze lasse ich noch eine Tafel über die Auflöslichkeit dieser mehrfachen Verbindungen in reinem Wasser folgen und füge die Erklärung der Zeichen hinzu:

a = auflöslich.

l = leicht auflöslich.

sl = sehr leicht auflöslich.

m = mäßig auflöslich.

u = unauflöslich.

fu = fast unauflöslich.

w = wenig auflöslich.

sw = sehr wenig auflöslich.

z = zerfließlich.

Die Zahlen bezeichnen die Anzahl der Teile Wasser, in der ein Teil des Salzes auflöslich ist.

Bafen	Grundfalze				Salzbilder							Stammbilder					
	HF	HCl	HBr	HJ	Cl ₂ O ₇	Cl ₂ O ₅	Cl ₂ O ₃	Cl ₂ O	Br ₂ O ₅	J ₂ O ₇	J ₂ O ₅	SO ₃	S ₂ O ₅	SO ₂	S ₂ O ₃	SeO ₃	SeO ₂
Edeleze	AgO	a	u	u	u	z	5	a	w		u	88	2			a	w
	HgO	a	14	a	w		4		600		1						w
	Hg ₂ O		u	u			1				u	500	w				u
	PtO ₂		a	w	u									a			
	R ₂ (O ₃)		z									m					
	JrO		u									a					
	PdO		z	m	u							z					
Meischeze	Bi ₂ O ₃	a	z				a		a		u						
	PbO	sw	135	w	1235	1	1	u	a	75		fu	1	u	3266	u	w
	CuO	w	a	a	u	z	u			sl	302	3	w		sl	u	
	Cu ₂ O	u	u	u	u												u
	UO		z	z	a	a											
	SnO ₂	a	1	a								a					u
	SnO	1	a	a	a							a	a	a			
	CdO	w	1	a	1	z	z		4/3			1	z	w	sl		
Poleze	CoO	sw	a	z	a		z				140	24	sl	a	a		u
	NiO		m	z	1		z		1		w	3		a	a	a	u
	Fe ₂ O ₃	m	sl	1	1	a	a		a		500	a	a	a		a	
	FeO	sw		1	1						w	1,4	1	sw			
	Mn ₂ O ₃	sl										a					
	MnO		1/3	z	z	z						a	a	u	a		u
Rosterze	ZnO	sw	z	z	z	z	1		1		w	2	sl	w		a	u
	Ce ₂ O ₃	u	a									a					
	CeO	u	1	z								w		a			u
	La ₂ O ₃											6					
Yttergriese	YO	u	z	z	1				w		160	45					
	ThO	u	z	1								m					
Thongriese	Zr ₂ O ₃	1	1	1								m					u
	Be ₂ O ₃	1	z	sl	sl							1		a			u
	Al ₂ O ₃	a	z	z	sl	1	1		1		1	2				sl	u
Kalkgriese	MgO	u	2/3	z	z	1	1		1	1,4	9,4	3	1	w	1	sl	w
	CaO	u	1/3	z	z	z	z		a	1,4	w	400	21/2	800	1	400	w
	SrO	sw	3/4	1	1	la	la	la		3	fu	3600	4	fu	4		u
	BaO	sw	3	1	1	la	4	la		130	1746	u	4	u	sw	u	u
Laugengriese	Li ₂ O	sw	z			z	sl		z		2	3					1
	Na ₂ O	25	3	a	0,6	z	3	z	sl	sl	1	14	2,5	2,1	4	1	sl
	K ₂ O	z	3	sl	0,7	65	16,6	z		15,2	w	13,1	11	16,5	1	z	a

Wurzelbilder								Zellbilder		Kie- fel- kiese	Tankiese	Chrom- kiese	Mol- kiese	Erze				
N ₂ O ₅	N ₂ O ₃	P ₂ O ₅	P ₂ O ₃	P ₂ O	As ₂ O ₅	As ₂ O ₃	Sb ₂ O ₅	CO ₂	C ₂ O ₃	BO ₃	TiO ₂	TaO ₃	CrO ₃	VO ₃	MoO ₃	WO ₃	MnO ₃	Mn ₂ O ₇
<u>1</u>	<u>120</u>	u						sw	u	w			sw					<u>190</u>
a		u							u				w	m				
a		u			u				fu				u		u			
a																		
z		w							u									
a																		
<u>7¹/₂</u>			u		u			u		u								
a	a	u		m	u		u	u	u	u			u	a	u	u		z
				a	u	a	u		u				a	a	w	u		
		u																
			u			u							u	a	u			
a			u						u	u				a				
sl		u		sl				u	u	w			a					
<u>1</u>		u	w	sl	u			u	u	u			u		u			
<u>2</u>		u	w	sl	u		u	u	u	u			z	a	a			
<u>1</u>		w			u		u		w	u	u		l	w				
sl			fu					w		u			w		u	u		
										u					u	u		
	z	w	w	sl	u		w	u	sw	u			l	m	w	u		
z		u	w	sl	u		w	u	u	u				u	u	u		z
l								u	u									
a		u			u			u	u				u		u			
z																		
z		u			u			u	u	u	u	u	l	m	u	u		
<u>1</u>		u						u	u	u								
a		u						u	u	u	u			a				
<u>1</u>		u	u		u			u	a				u	a	u			
z			w		u		u		u	u		u	u	w	u	u		
sl	<u>1</u>	<u>322</u>	<u>400</u>	<u>1</u>	u			u	u	u			sl	m	<u>15</u>	<u>1</u>		<u>1</u>
<u>1/4</u>	<u>1</u>	<u>u</u>	<u>w</u>	a	w	u	sw	<u>16000</u>	u	u		u		m	<u>u</u>	u		
<u>5</u>	a	u	u	sl	w	a	sw	<u>1536</u>	<u>1920</u>	<u>130</u>			u	w	u	u		
<u>12</u>	a	<u>20500</u>	a	a	w	u	u	<u>4300</u>	fu	sw		u	u	w	u	u		u
sl		sw					w	sw	<u>1</u>				<u>1</u>	sl	<u>1</u>			
<u>4</u>	<u>1</u>	<u>4</u>	sl	z	a	a	w	<u>5</u>	w	<u>1</u>		m	z	<u>1₁</u>	<u>1</u>			
<u>3</u>	a	<u>a</u>	z	z	z	a	m	<u>1₂</u>	<u>3</u>	sl		a	<u>2</u>	sl	<u>1</u>	<u>1</u>		<u>16</u>

Wir haben hiermit die chemischen Eigenschaften der Grundstoffe und ihrer Verbindungen kennen gelernt. Um die weiteren Eigenschaften derselben kennen zu lernen, müssen wir die verschiedenen Zustände derselben: Luft, Flüssigkeit und Gestein unterscheiden.

13. Die Luft und ihre kleinsten Teile, die Korbballen (Molecules).

Der einfachste Zustand der Körper ist der luftförmige, mit ihm beginnen wir daher die Untersuchung. Durch die ausgezeichneten Arbeiten von Claußius und seinen Nachfolgern ist nun festgestellt, dass in der Luft die kleinsten Masseteilchen, welche wir Korbballen (Molecules)* nennen wollen, im Raume mit gleichförmiger Schnelligkeit geradlinig sich fortbewegen, bis der eine Korbball auf einen andern trifft und von diesem mit gleicher Schnelligkeit wieder abprallt. Für die Luftarten gelten darnach die folgenden Luftgesetze.

1. In der Luft schwingen die kleinsten Masseteilchen, die Korbballen (Molecules), mit gleichförmiger Schnelligkeit geradlinig hin und her. (Ballschwingungsgesetz, Claußius 1857.)

2. In jeder ruhigen Luft leisten die einzelnen Korbballen gleiche äussere Arbeit. Sei S die Schnelligkeit und m das Gewicht des Korbballens, so ist in der Luft $m_1 S_1^2 = m_2 S_2^2$. (Ballarbeitsgesetz, Claußius 1857.)

Die folgenden Gesetze gelten nur für die reinen Luftarten, oder für die Gase, welche nicht durch Druck von einer oder einigen Luftarten flüssig werden.

3. Bei der reinen Luft verhält sich bei gleichem Wärmegrade der Raum umgekehrt wie der Druck. (Gasdruckgesetz, Boyle 1662.)

4. Alle reinen Luftarten dehnen sich bei jedem Wärmegrade um gleich viel aus. Der Ausdehnungsfaktor ist für einen Grad Cent

* Anm. Die kleinsten Masseteilchen der Luft hat man Molecules genannt; man wendet diesen Namen aber auch für die kleinsten Masseteilchen der Flüssigkeit und des Gesteines an, und hat dadurch zu Verwirrung Anlass gegeben. Der Name Korbball schließt diese Verwirrung aus, und bezeichnet genau die Sache; denn der Ball ist ein Ding, das in dem Raume hin- und hergeworfen wird, gerade wie dies mit den kleinsten Masseteilchen der Luft der Fall ist, und der Korbball ist der Ball, der aus wenigen Körben zusammengefasst ist. Will man diesen Namen nicht einführen, so bleibt man am besten bei der Bezeichnung kleinste Masseteilchen der Luft.

$\alpha = 0,003665$. Sei R der Raum der Luft bei t^0 , sei R_0 der Raum bei 0^0 und t der Wärmegrad in Centgraden, so ist

$$R = R_0 (1 + \alpha t).$$

(Gasausdehnungsgesetz, Dalton.)

5. Alle reinen Luftarten enthalten bei gleichem Drucke und gleichem Wärmegrade in gleichem Raume eine gleiche Anzahl Korbbälle, oder die Korbbälle der Luft stehen bei gleichem Drucke und gleichem Wärmegrade gleich weit von einander. (Gasballgesetz, Avogadro 1811.)

6. Alle reinen Luftarten enthalten bei dem Drucke einer Luftsäule von $0,76$ m Queck und bei 0^0 C. Wärme in einem Würfelmeter 25 Quadrillionen, in einem Würfelmillimeter 25000 Billionen Korbbälle und diese stehen im Mittel um $3,4$ Millontel Millimeter von einander ab. (Ballzahlgesetz.)

7. Alle reinen Luftarten verändern bei gleicher Veränderung des Druckes und bei gleicher Veränderung des Wärmegrades den Raum um gleich viel, oder die Korbbälle der Luft bleiben auch bei gleicher Veränderung des Druckes und des Wärmegrades gleichweit von einander stehen. (Gasraumgesetz, Gay-Lussac 1802.)

8. Die Druckwärme, d. h. die Wärme bei gleichem Drucke, ist bei allen reinen Luftarten das $1,405$ (oder nahe das $7/5$)fache der Raumwärme, d. h. der Wärme bei gleichem Raume. (Gaswärmegegesetz.)

9. Bei den Grundstoffen bestehen die kleinsten Masseteilchen der Luft oder die Korbbälle aus Doppelkörben, nur bei drei Grundstoffen (Queck, Kad [Cadmium], Zink) bestehen sie aus einem Korbe, bei zwei Grundstoffen (Phosphor und Arsen) aus vier Körben. (Grundballgesetz.)

10. In den chemischen Verbindungen der Grundstoffe bestehen die Korbbälle in der Regel aus einfachen Mischkörben. (Mischballgesetz.)

11. Sei N die Anzahl der Korbbälle in der Raumeinheit und sei K die Anzahl der einfachen Körbe in einem Korbballe, so ist NK die Anzahl der einfachen Körbe in der Raumeinheit, und berechnet sich daraus der Luftraum jeder chemischen Verbindung. (Mischraumgesetz.)

12. Ein Korball Wasserstoff H_2 wiegt $3,5$ Quadrilliontel Gramm, ein Korb Wasserstoff wiegt $1,75$ Quadrilliontel Gramm. (Wasserstoff-Gewichtsgesetz.)

13. Aus diesem Gewichte eines Korbes Wasserstoff und aus dem Korbgewichte der Grundstoffe auf Seite 103 ergeben sich die Korbgewichte sämtlicher Grundstoffe. (Korbgewichtsgesetz.)

14. Sei S die Schnelligkeit und L Weglänge, die der Korbball macht und sei Z die Zahl der Zusammenstöße, so ist $S = ZL$. (Ballstosgesetz.)

Der mathematische Beweis für diese Gesetze ist in den Anmerkungen gegeben, auf welche hier verwiesen werden kann. Es ergeben sich nun aus diesen Gesetzen die wichtigsten Folgerungen.

Zunächst kennt man aus der Zusammenfassung der Korbbälle (Molecules) und aus den oben ermittelten Korbgewichten, wenn der Korb Wasserstoff als Einheit gesetzt wird, die Gewichte der Korbbälle für alle Grundstoffe, und da ein Korb Wasserstoff $1,75$ Quadrilliontel Gramm wiegt, auch die Gewichte der Korbbälle für alle Grundstoffe in Quadrilliontel Gramm, wie dies in der folgenden Tafel aufgeführt ist.

Sei nun für zwei Luftarten das Gewicht ihrer Korbbälle m_1 und m_2 , sei S_1 und S_2 die mittlere Geschwindigkeit derselben, so ist nach dem Ballarbeitsgesetze von Clausius:

$$m_1 S_1^2 = m_2 S_2^2.$$

Setzen wir für den Wasserstoff $m_1 = 1$ und $S_1 = 1842$ meter, wie wir es in der Anmerkung berechnet haben, so ist m_2 das Gewicht des Korbballes, wenn der Korbball Wasserstoff als Einheit gesetzt wird und

$$\text{ist } S_2 = 1842 \cdot \sqrt{\frac{1}{m_2}}.$$

Daraus ergibt sich die Schnelligkeit der Korbbälle für alle Grundstoffe, wie für alle ihre Verbindungen. Die Schnelligkeit der Korbbälle ist in der folgenden Tafel danach berechnet.

Tafel der Gewichte der Korbhülle für die Grundstoffe.†

1. No.	2. N a m e	3. Zeichen	4. 5. Ballgewicht		6. Ball- geschwin- digkeit in Metern	7. Dichte gegen Erdluft
			Wasserstoff = 1	Qua- drilliontel Gramm		
1	Fluss	F ₂	19	66,5	423,56	1,313
2	Chlor	Cl ₂	35,5	124,2	309,15	2,450 *
3	Brom	Br ₂	80	280	205,94	5,54 *
4	Jod	J ₂	127	444,5	163,45	8,72 *
5	Saur **	O ₂	16	56	460,50	1,10563 *
6	Schwefel	S ₂	32	112	325,62	2,24 *
7	Selen	Se ₂	79,4	277,9	206,72	5,68 *
8	Tell	Te ₂	128	448	162,81	9,08 *
9	Stick	N ₂	14	49	492,30	0,9713 *
10	Phosphor	P ₄	62	217	233,93	4,35 *
11	Arfen	As ₄	150	525	150,40	10,42 *
12	Spies	Sb ₂	122	427	166,76	8,44
13	Kohle	C ₂	12	42	531,74	0,83 *
14	Wass	H ₂	1	3,5	1842,00	0,06926 *
15	Bor	B ₂	11	38,5	553,38	0,76
16	Kiesel	Si ₂	28	98	348,10	1,94
17	Titan	Ti ₂	50	175	260,50	3,46
18	Niob	Nb ₂	94	329	190,01	6,50
19	Tantal	Ta ₂	182	637	136,54	12,59
20	Chrom	Cr ₂	52	182	255,44	3,60
21	Vanad	V ₂	51,3	179,5	257,18	3,55
22	Mol	Mo ₂	96	336	188,00	6,64
23	Scheel	W ₂	184	644	135,80	12,73
24	Gold	Au ₂	197	689,5	131,24	13,68
25	Silber	Ag ₂	108	378	177,24	7,47
26	Queck	Hg ₁	100	350	184,20	6,98 *
27	Platin	Pt ₂	197,4	690,9	131,10	13,66
28	Rodium	R ₂	104,4	365,4	180,27	7,22
29	Irid	Jr ₂	198	693	130,90	13,70
30	Osmium	Os ₂	199,2	697,2	130,51	13,78
31	Pallad	Pd ₂	106,6	373,1	173,40	7,87
32	Ruthen	Ru ₂	104,4	365,4	180,28	7,22
33	Bismut	Bi ₂	208	728	127,72	14,39
34	Blei	Pb ₂	207	724,5	128,03	14,32
35	Thall	Tl ₁	204	714	128,97	14,11
36	Kupfer	Cu ₂	63,5	222,2	231,15	4,39
37	Uran	U ₂	120	420	168,15	8,30
38	Zinn	Sn ₂	118	413	169,57	8,16
39	Kad	Cd ₁	56	196	246,15	8,87

1. No.	2. N a m e	3. Zeichen	4. 5. Ballgewicht		6. Ball- geschwin- digkeit in Metern	7. Dichte gegen Erdluft
			Wasserstoff = 1	Qua- drilliontel Gramm		
40	Gall	Ga ₂	69.5	244.3	218.32	4.83
41	Ind	In ₂	75.6	262.6	211.55	5.23
42	Kobalt	Co ₂	58.5	205.5	240.21	4.67
43	Nickel	Ni ₂	58.5	205.5	240.21	4.67
44	Eisen	Fe ₂	56	196	246.15	3.57
45	Mangan	Mn ₂	55	192.5	248.37	3.51
46	Zink	Zn ₁	32.6	114.1	322.61	2.25
47	Cer	Ce ₂	92	322	192.04	6.36
48	Lanthan	La ₂	92	322	192.04	6.36
49	Didym	Di ₂	96	336	188.00	6.64
50	Ytter	Y ₂	61.7	216	234.50	4.27
51	Erb	Er ₂	112.6	394.1	173.50	7.70
52	Thor	Th ₂	231.5	810.2	121.06	16.02
53	Zirkon	Z ₂	89.6	313.6	194.60	6.20
54	Beryll	Be ₂	9.3	32.3	604.01	0.643
55	Thon	Al ₂	27.4	95.9	351.90	1.90
56	Talk	M ₂	24	84	376.00	1.66
57	Kalk	Ca ₂	40	140	291.45	2.77
58	Stront	Sr ₂	87.5	306.2	196.92	6.05
59	Bar	Ba ₂	137	479.5	157.37	9.477
60	Lith	L ₂	7	24.5	696.21	0.277
61	Nater	Na ₂	23	80.5	384.05	1.591
62	Kal	K ₂	39	136.5	294.96	2.695
63	Rubid	Rb ₂	85.4	298.9	199.32	5.905
64	Cäs	Cs ₂	133	465.5	159.72	7.15

† Das Ballgewicht und die Ballschnelligkeit ist unter der Voraussetzung berechnet, dass ein Korb Wasserstoff 1.73 Quadrilliontel Gramm wiege. Es ist dies die erste Annäherung. Sollte sich später das Korbgewicht berichtigen und sich für den Wasserstoff a . 1.75 ergeben, so bezeichne C den jetzt in der Tafel aufgeführten Wert, B den künftig berichtigten Wert. Dann bleiben Spalte 1—4 und 6—7 unverändert, in Spalte 5 wird $B = aC$.

* Die mit * bezeichneten Dichten sind durch Beobachtung gefunden.

** Der Sauerstoff hat noch eine zweite Luftform als Ozon, bei dem die Dichte gegen Erdluft 1.639, der Korbball die Zusammensetzung O₃ hat.

Die Dichte der Luftarten gegen Erdluft ist für 13 Grundstoffe beobachtet. Man kann dieselbe aber auch durch Rechnung finden, wenn man die Dichte des Wasserstoffes und die des Sauerstoffes zu Grunde legt und aus dem Ballgewichte jedes Grundstoffes (den Wasserstoff gleich Eins gesetzt) die Dichte gegen Erdluft berechnet, wobei das Gasballgesetz von Avogadro zu Grunde gelegt ist, dass gleiche Räume der reinen Luftarten auch gleichviel Korbhülle enthalten. Die Dichte der Erdluft oder der atmosphärischen Luft ist hierbei gleich Eins gesetzt; die Dichte des Wasserstoffes ist nach Regnault's Beobachtungen 1847 auf $0,06923$, die des Sauerstoffes nach denselben auf $1,10563$ bestimmt; da aber Sauerstoff = 16 Wasserstoff ist, so folgt hieraus die Dichte des Wasserstoffes $0,0691$, im Mittel aus beiden also $0,06918$. Dies ist bei den Berechnungen zu Grunde gelegt. Die Vergleichung der Berechnung und der Beobachtung ergibt dann folgende Verhältnisse:

No.	N a m e	Ball- ge- wicht $H_2=1$	Dichte gegen Erdluft			
			be- rechnet	be- obachtet	bei C^0	Beobachter
2	Chlor	35,5	2,456	2,450	200°	E. Ludwig 1868.
3	Brom	80	5,534	5,54	100°	Mitscherlich 1833.
4	Jod	127	8,786	8,72	1040°	Dewille u. Troost 1859 u. 1863.
5	Sauerstoff	16	1,10688	1,10563	0°	Regnault 1847.
6	Schwefel	32	2,22	2,24	1040°	Dewille u. Troost 1859 u. 1863.
7	Selen	79,4	5,493	5,68	1420°	Dewille u. Troost 1859 u. 1863.
8	Tellur	128	8,855	9,08	1440°	Dewille u. Troost 1859 u. 1863.
9	Stickstoff	14	0,9693	0,9713	0°	Regnault 1847.
10	Phosphor	62	4,289	4,35	500°	Dumas 1826 u. 1832.
11	Arfen	150	10,38	10,42	755°	Mittel.*
14	Wasserstoff	1	0,06918	0,06926	0°	Regnault 1847.
26	Queck	100	6,918	6,98	446°	Dumas 1826 u. 1832.
39	Kad (Cadmium)	56	3,87	3,94	1040°	Dewille u. Troost 1859 u. 1863.

Beobachtung und Rechnung stimmen also im Ganzen sehr gut überein. Man kann also Ballgewicht, Ballgeschwindigkeit und Dichte der Luft gegen Erdluft für alle Grundstoffe durch Rechnung

* Beim Arfen ist das Mittel aus Mitscherlich Beobachtung 1833 Dichte $10,65$ bei $650^{\circ} C.$ und aus Dewille und Troost Beobachtung 1859 und 1863 Dichte $10,2$ bei $860^{\circ} C.$ zu Grunde gelegt.

gewinnen. In solcher Weise sind die Dichten der Luft gegen Erdluft, die Ballgewichte und Ballgeschwindigkeiten für sämtliche Grundstoffe in der obigen Tafel berechnet worden.

Aus dem Gasballgesetz von Avogadro kann man aber auch die Dichten gegen Erdluft für alle luftförmigen Verbindungen der Grundstoffe durch Rechnung ableiten.

Für Bromwasserstoff HBr z. B. hat man folgende Rechnung:

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ H}_2 & = & 0,06926 \text{ Dichte,} \\
 1 \text{ Br}_2 & = & 5,54 \text{ Dichte,} \\
 \hline
 \text{Summa } 2 \text{ HBr} & = & 5,60926 \\
 \text{mithin } 1 \text{ HBr} & = & 2,80463 \text{ Dichte.}
 \end{array}$$

Die folgende Tafel giebt die Vergleichung der Berechnung aus den Dichten der Grundstoffe mit den durch Beobachtung gefundenen Dichten.

Tafel der Dichte gegen Erdluft für die luftförmigen Verbindungen.

Erlduft (atmosphärische Luft) = 1.

No.	Verbindung Name	Korbball Formel	Entstehung der Verbindung aus den Korbballen der Grundstoffe	Raum- theile		Dichte gegen Erdluft		Beob- achter*
				vor d. Verb. nach d. Verb.	berech- net	beob- achtet		
I. Einbindige Grundstoffe.								
1	Bromwasserstoff	HBr	H ₂ + Br ₂ = 2. HBr	2	2	2,805	2,73	Ba.
2	Chlorwasserstoff	HCl	H ₂ + Cl ₂ = 2. HCl	2	2	1,26	1,235	
3	Fluorwasserstoff	HF	H ₂ + F ₂ = 2. HF	2	2	0,691	0,6907	
4	Jodwasserstoff	HJ	H ₂ + J ₂ = 2. HJ	2	2	4,395	4,343	G. L.
5	Blaufäure	HCN	H ₂ + (CN) ₂ = 2. HCN	2	2	0,934	0,946	G. L.
6	Bromcyan	BrCN	Br ₂ + (CN) ₂ = 2. BrCN	2	2	3,67	3,607	
7	Chlorcyan	ClCN	Cl ₂ + (CN) ₂ = 2. ClCN	2	2	2,324	2,13	Sl.
8	Brommethyl	BrCH ₃	Br ₂ + (CH ₃) ₂ = 2. BrCH ₃	2	2	3,289	3,263	Bn.
9	Chlormethyl	ClCH ₃	Cl ₂ + (CH ₃) ₂ = 2. ClCH ₃	2	2	1,744	1,736	Ds. P.

* Anm. Die Abkürzungen für die Namen der Beobachter bezeichnen: B. A. Biot und Arago, Ba. Balard, Bc. Bérard, Bi. Bineau, Bk. Buckton, Bn. Bunfen, Bt. Butlerow, Bz. Berzelius, Ch. Cahours, Col. Colin, Db. Debray, D. Db. Deville und Debray, Ds. Dumas, Ds. P. Dumas und Peligot, D. T. Deville und Troost, Dv. John Davy, E. L. Emmerling und Lengyel, Fd. Friedel, Fd. C. Friedel und Crafts, Fk. Frankland, G. L. Gay-Lussac, Hf. A. W. Hofmann, Jq. Jaquelain, Kb. Kolbe, L. S. Löwig und Schweitzer, Mt. Mitscherlich, Rc. Roscoe, Rg. Regnault, Rs. Rose, Sl. Salet, T. H. Troost und Hautefeuille, Tm. Thomson, Tn. Than, Tp. Thorpe, W. D. Wöhler und Deville, Wd. Wrede, Wk. Wanklyn, Wt. Walther, Wz. Würtz.

No.	Verbindung Name	Korbball Formel	Entstehung der Verbindung aus den Korbballen der Grundstoffe	Mann- telle nach d. Verb.		Dichte gegen Erdluft		Beob- achter
				vord.	nach d. Verb.	berech- net	beob- achtet	
10	Fluormethyl	FCu_2	$\text{F}_2 + (\text{CH}_3)_2 = 2. \text{FCu}_2$	2	2	1,176	1,166	Da. P.
11	Jodmethyl	JCu_2	$\text{J}_2 + (\text{CH}_3)_2 = 2. \text{JCu}_2$	2	2	4,879	4,888	Da. P.
12	Wasserstoffmethyl	HCu_2	$\text{H}_2 + (\text{CH}_3)_2 = 2. \text{HCu}_2$	2	2	0,359	0,359	

II. Zweibindige Grundstoffe.

13	Wasser	OH_2	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2 = 2. \text{OH}_2$	3	2	0,921	0,923	Bg.
14	Unterchlorigsäureanhydrid	OCl_2	$\text{O}_2 + 2 \text{Cl}_2 = 2. \text{OCl}_2$	3	2	3,00	2,87	
15	Schwefelwasserstoff	SH_2	$\text{S}_2 + 2 \text{H}_2 = 2. \text{SH}_2$	3	2	1,190	1,161	G. L.
16	Selenwasserstoff	SeH_2	$\text{Se}_2 + 2 \text{H}_2 = 2. \text{SeH}_2$	3	2	2,908	—	Bi.
17	Tellurwasserstoff	TeH_2	$\text{Te}_2 + 2 \text{H}_2 = 2. \text{TeH}_2$	3	2	4,609	—	Bi.
18	Queckbromid	HgBr_2	$\text{Hg} + \text{Br}_2 = \text{HgBr}_2$	2	1	12,52	12,16	Mt.
19	Queckchlorid	HgCl_2	$\text{Hg} + \text{Cl}_2 = \text{HgCl}_2$	2	1	9,43	9,8	Mt.
20	Queckjodid	HgJ_2	$\text{Hg} + \text{J}_2 = \text{HgJ}_2$	2	1	15,70	16,12	Mt.
21	Queckmethyl	$\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$	$\text{Hg} + (\text{CH}_3)_2 = \text{Hg}(\text{CH}_3)_2$	2	1	8,03	8,29	Bk.
22	Queckäthyl	$\text{Hg}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	$\text{Hg} + (\text{C}_2\text{H}_5)_2 = \text{Hg}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	2	1	8,98	8,97	Bk.
23	Zinkmethyl	$\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$	$\text{Zn} + (\text{CH}_3)_2 = \text{Zn}(\text{CH}_3)_2$	2	1	3,29	3,29	Wk.
24	Zinkäthyl	$\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	$\text{Zn} + (\text{C}_2\text{H}_5)_2 = \text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	2	1	4,26	4,82	Fk.

Unvollständige.

25	Cyanäure	OCN	$\text{O}_2 + (\text{CN})_2 = 2. \text{OCN}$	2	2	1,45	1,50	T. H.
26	Schwefligsäureanhydrid	SO_2	$\text{S}_2 + 2 \text{O}_2 = 2. \text{SO}_2$	3	2	2,225	2,247	Bz.
27	Schwefelsäureanhydrid	SO_3	$\text{S}_2 + 3 \text{O}_2 = 2. \text{SO}_3$	4	2	2,78	2,77	Mt.
28	Sulfurylchlorid	SO_2Cl_2	$\text{S}_2 + 2 \text{O}_2 + 2 \text{Cl}_2 = 2. \text{SO}_2\text{Cl}_2$	5	2	4,67	4,67	Bg.
29	Selenigsäureanhydrid	SeO_2	$\text{Se}_2 + 2 \text{O}_2 = 2. \text{SeO}_2$	3	2	3,946	4,03	Mt.
30	Chromacichlorid	CrO_2Cl_2	$\text{Cr}_2 + 2 \text{O}_2 + 2 \text{Cl}_2 = 2. \text{CrO}_2\text{Cl}_2$	5	2	5,855	5,85	Bi.
31	Queckbromür	HgBr	$2 \text{Hg} + \text{Br}_2 = 2. \text{HgBr}$	3	2	9,75	9,76	
32	Queckchlorür	HgCl	$2 \text{Hg} + \text{Cl}_2 = 2. \text{HgCl}$	3	2	8,21	8,22	
33	Bleimethyl	$\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$	$\text{Pb}_2 + 4 (\text{CH}_3)_2 = 2. \text{Pb}(\text{CH}_3)_4$	5	2	9,24	9,6	Bt.

III. Dreibindige Grundstoffe.

34	Ammoniak	NH_3	$\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 = 2. \text{NH}_3$	4	2	0,580	0,587	B. A.
35	Methylamin	$\text{NH}_2(\text{CH}_3)$	$\text{N}_2 + 2 \text{H}_2 + (\text{CH}_3)_2 = 2. \text{NH}_2(\text{CH}_3)$	4	2	1,074	1,08	
36	Phosphorwasserstoff	PH_3	$\text{P}_4 + 6 \text{H}_2 = 4. \text{PH}_3$	7	4	1,19	1,185	Rs.
37	Phosphortrichlorid	PCl_3	$\text{P}_4 + 6 \text{Cl}_2 = 4. \text{PCl}_3$	7	4	4,76	4,88	Da.
38	Arfenwasserstoff	AsH_3	$\text{As}_4 + 6 \text{H}_2 = 4. \text{AsH}_3$	7	4	2,70	2,695	Da.
39	Arfenrichlorid	AsCl_3	$\text{As}_4 + 6 \text{Cl}_2 = 4. \text{AsCl}_3$	7	4	6,27	6,30	Da.
40	Arfentrijodid	AsJ_3	$\text{As}_4 + 6 \text{J}_2 = 4. \text{AsJ}_3$	7	4	15,88	16,1	Mt.
41	Kakodylchlorid	$\text{AsCl}(\text{CH}_3)_2$	$\text{As}_4 + 2 \text{Cl}_2 + 4 (\text{CH}_3)_2 = 4. \text{AsCl}(\text{CH}_3)_2$	7	4	4,86	4,86	Bn.
42	Antimonwasserstoff	SbH_3	$\text{Sb}_2 + 3 \text{H}_2 = 2. \text{SbH}_3$	4	2	4,823	4,85	
43	Antimontrichlorid	SbCl_3	$\text{Sb}_2 + 3 \text{Cl}_2 = 2. \text{SbCl}_3$	4	2	7,805	7,8	Mt.
44	Antimontriäthyl	$\text{Sb}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$	$\text{Sb}_2 + 3 (\text{C}_2\text{H}_5)_2 = 2. \text{Sb}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$	4	2	7,23	7,24	L. S.
45	Bortribromid	BBr_3	$\text{B}_2 + 3 \text{Br}_2 = 2. \text{BBr}_3$	4	2	8,60	8,78	W. D.
46	Bortrichlorid	BCl_3	$\text{B}_2 + 3 \text{Cl}_2 = 2. \text{BCl}_3$	4	2	4,05	4,02	W. D.
47	Bortrifluorid	BF_3	$\text{B}_2 + 3 \text{F}_2 = 2. \text{BF}_3$	4	2	2,05	2,013	Da.
48	Bortrimethyl	$\text{B}(\text{CH}_3)_3$	$\text{B}_2 + 3 (\text{CH}_3)_2 = 2. \text{B}(\text{CH}_3)_3$	4	2	1,936	1,92	Fk.
49	Bismuttrichlorid	BiCl_3	$\text{Bi}_2 + 3 \text{Cl}_2 = 2. \text{BiCl}_3$	4	2	10,87	11,35	Jq.

Unvollständige.

50	Stickoxydul	N_2O	$2 \text{N}_2 + \text{O}_2 = 2. \text{N}_2\text{O}$	3	2	1,354	1,327	Col.
51	Stickoxyd	NO	$\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2. \text{NO}$	2	2	1,039	1,039	Ré.
52	Methylnitrat	$\text{NO}_2(\text{CH}_3)$	$\text{N}_2 + 3 \text{O}_2 + (\text{CH}_3)_2 = 2. \text{NO}_2(\text{CH}_3)$	5	2	2,66	2,654	Da. P.

Nr.	Verbindung Name	Korbball Formel	Entstehung der Verbindung aus den Korbballen der Grundstoffe	Haupt- teile nach d. Verb.	Dichte gegen Luft		Beob. achter	
					berech- net	beob. achtet		
53	Phosphoroxchlorid	POCl_3	$\text{P}_4 + 2 \text{O}_2 + 6 \text{Cl}_2 = 4 \cdot \text{POCl}_3$	9	4	5,41	5,40	Wz.
54	Phosphorfulchlorid	PSCl_3	$\text{P}_4 + 2 \text{S}_2 + 6 \text{Cl}_2 = 4 \cdot \text{PSCl}_3$	9	4	5,85	5,88	Ch.
55	Phosphorpentachlorid	PF_5	$\text{P}_4 + 10 \text{F}_2 = 4 \cdot \text{PF}_5$	11	4	4,37		Tp.
56	Triäthyl Phosphinoxyd	$\text{PO}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$	$\text{P}_4 + 2 \text{O}_2 + 6(\text{C}_2\text{H}_5)_2 = 4 \cdot \text{PO}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$	9	4	4,06	4,00	Ht.
57	Kakodylcyanit	$\text{AsN}(\text{CH}_3)_3$	$\text{As}_4 + 2 \text{N}_2 + 6(\text{CH}_3)_2 = 4 \cdot \text{AsN}(\text{CH}_3)_3$	9	4	4,83	4,83	Bn.
58	Vanadinetrachlorid	VCl_4	$\text{V}_2 + 4 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{VCl}_4$	5	2	6,16	6,09	Re
59	Vanadinacichlorid	VOCl_3	$\text{V}_2 + \text{O}_2 + 3 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{VOCl}_3$	5	2	6,00	6,11	Re.

IV. Vierbindige Grundstoffe.

60	Grubengas	CH_4	$\text{C}_2 + 4 \text{H}_2 = 2 \cdot \text{CH}_4$	5	2	0,554	0,555	Tm.
61	Kohlentetrachlorid	CCl_4	$\text{C}_2 + 4 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{CCl}_4$	5	2	5,335	5,33	Rg.
62	Chloroform	CCl_3H	$\text{C}_2 + 3 \text{Cl}_2 + \text{H}_2 = 2 \cdot \text{CCl}_3\text{H}$	5	2	4,150	4,20	Ds.
63	Kohlenoxychlorid	COCl_2	$\text{C}_2 + \text{O}_2 + 2 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{COCl}_2$	4	2	3,418	3,505	E. L.
64	Kohlenfaureanhydrid	CO_2	$\text{C}_2 + 2 \text{O}_2 = 2 \cdot \text{CO}_2$	3	2	1,821	1,529	Rg.
65	Kohlenoxyfulfid	CSO	$\text{C}_2 + \text{S}_2 + \text{O}_2 = 2 \cdot \text{CSO}$	3	2	2,368	2,105	Tn.
66	Schwefelkohlenstoff	CS_2	$\text{C}_2 + 2 \text{S}_2 = 2 \cdot \text{CS}_2$	3	2	2,45	2,665	G. L.
67	Chloräthylsilicium	SiCl_4	$\text{Si}_2 + 4 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{SiCl}_4$	5	2	5,67	5,64	Ds.
68	Fluoräthylsilicium	SiF_4	$\text{Si}_2 + 4 \text{F}_2 = 2 \cdot \text{SiF}_4$	5	2	3,806	3,57	Dv.
69	Jodäthylsilicium	SiJ_4	$\text{Si}_2 + 4 \text{J}_2 = 2 \cdot \text{SiJ}_4$	5	2	18,61	19,4	Fd.
70	Siliciumäthyl	$\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	$\text{Si}_2 + 4(\text{C}_2\text{H}_5)_2 = 2 \cdot \text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	5	2	4,082	5,13	Fd. C.
71	Chlortitan	TiCl_4	$\text{Ti}_2 + 4 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{TiCl}_4$	5	2	6,63	6,88	Ds.
72	Chlorzinn	SnCl_4	$\text{Sn}_2 + 4 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{SnCl}_4$	5	2	8,06	9,20	Ds.
73	Stannäthyl	$\text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	$\text{Sn}_2 + 4(\text{C}_2\text{H}_5)_2 = 2 \cdot \text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	5	2	8,082	8,03	Fk. Bk.
74	Stannäthylbromur	$\text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Br}$	$\text{Sn}_2 + 3(\text{C}_2\text{H}_5)_2 + \text{Br}_2 = 2 \cdot \text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Br}$	5	2	9,650	9,92	Ch.
75	Stannäthylchlorur	$\text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Cl}$	$\text{Sn}_2 + 3(\text{C}_2\text{H}_5)_2 + \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Cl}$	5	2	8,314	8,43	Ch.
76	Stannäthyljodur	$\text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{J}$	$\text{Sn}_2 + 3(\text{C}_2\text{H}_5)_2 + \text{J}_2 = 2 \cdot \text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{J}$	5	2	9,697	10,33	Ch.
77	Chlorzirkon	ZrCl_4	$\text{Zr}_2 + 4 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{ZrCl}_4$	5	2	8,00	8,15	D. T.
78	Essigfaure	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$\text{C}_2 + 2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	4	1	2,074	2,06	Ch.

Unvollständige.

79	Kohlenoxyd	CO	$\text{C}_2 + \text{O}_2 = 2 \cdot \text{CO}$	2	2	0,968	0,968	Wd.
80	Kohlenstoffchlorid	C_2Cl_4	$\text{C}_2 + 2 \text{Cl}_2 = \text{C}_2\text{Cl}_4$	3	1	5,73	5,721	
81	Kohlenstoffesquichlorid	C_2Cl_6	$\text{C}_2 + 3 \text{Cl}_2 = \text{C}_2\text{Cl}_6$	4	1	8,18	8,17	
82	Holzgeist	CH_4O	$\text{C}_2 + 4 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \cdot \text{CH}_4\text{O}$	6	2	1,106	1,12	Ds. P.
83	Äthyl	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	$2 \text{C}_2 + 5 \text{H}_2 = (\text{C}_2\text{H}_5)_2$	7	1	2,0083	2,01	
84	Propylen	C_3H_6	$3 \text{C}_2 + 6 \text{H}_2 = 2 \cdot \text{C}_3\text{H}_6$	9	2	1,450	1,408	
85	Cyan	$(\text{CN})_2$	$\text{C}_2 + \text{N}_2 = (\text{CN})_2$	2	1	1,9013	1,8	
86	Osmiumfaureanhydrid	OsO_4	$\text{Os}_2 + 4 \text{O}_2 = 2 \cdot \text{OsO}_4$	5	2	9,10	8,9	D. Dh.
87	Aluminiumbromid	Al_3Br_6	$\text{Al}_2 + 3 \text{Br}_2 = \text{Al}_3\text{Br}_6$	4	1	18,51	18,6	D. T.
88	Aluminiumchlorid	Al_2Cl_6	$\text{Al}_2 + 3 \text{Cl}_2 = \text{Al}_2\text{Cl}_6$	4	1	9,34	9,86	D. T.
89	Aluminiumjodid	Al_2J_6	$\text{Al}_2 + 3 \text{J}_2 = \text{Al}_2\text{J}_6$	4	1	28,05	27,0	D. T.
90	Eisenchlorid	Fe_2Cl_6	$\text{Fe}_2 + 3 \text{Cl}_2 = \text{Fe}_2\text{Cl}_6$	4	1	11,22	11,39	D. T.

V. Vielbindige Grundstoffe.

91	Niobchlorid	NbCl_5	$\text{Nb}_2 + 5 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{NbCl}_5$	6	2	9,38	9,6	D. T.
92	Niobacichlorid	NbOCl_3	$\text{Nb}_2 + \text{O}_2 + 3 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{NbOCl}_3$	5	2	7,46	7,88	D. T.
93	Tantalchlorid	TaCl_5	$\text{Ta}_2 + 5 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{TaCl}_5$	6	2	12,32	12,9	D. T.
94	Molybdänpentachlorid	MoCl_5	$\text{Mo}_2 + 5 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{MoCl}_5$	6	2	9,45	9,46	Dh.
95	Wolframpentachlorid	WCl_5	$\text{W}_2 + 5 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{WCl}_5$	6	2	12,45	12,7	Re.
96	Wolframhexachlorid	WCl_6	$\text{W}_2 + 6 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{WCl}_6$	7	2	13,74	13,2	Re.
97	Wolframoxychlorid	WOCl_4	$\text{W}_2 + \text{O}_2 + 4 \text{Cl}_2 = 2 \cdot \text{WOCl}_4$	6	2	11,82	11,84	Re.

Die Tafel zeigt, dass Beobachtung und Rechnung sehr gut stimmen. Man kann also durch Rechnung sehr gut die Dichten gegen Erdluft für sämtliche chemische Verbindungen im luftförmigen Zustande finden.

Es kann auf den ersten Blick auffallend erscheinen, dass die Korbbälle (Molecules) der Grundstoffe meist aus Doppelkörben bestehen. Betrachtet man die Sache jedoch genauer, so ergibt sich die Wichtigkeit dieses Umstandes. Jeder Korb (Atom) eines Grundstoffes hat, wenn er vereinzelt und frei ist, ein ganz anderes Bestreben sich mit anderen Stoffen zu verbinden, als wenn er bereits gebunden, mit anderen Körben vereint ist. Jeder Korb ist nun im Augenblicke, wo er aus anderen Verbindungen austritt, und wo er sich noch nicht mit anderen verbunden hat, frei; er ist ein Freikorb, und verbindet sich in diesem Augenblicke also leicht mit anderen Stoffen. Dagegen ist er im Korbbälle bereits gebunden und verbindet sich also schwer mit anderen Stoffen. So vereinigen sich im Augenblicke, wo Sauerstoff, O , und Wasserstoff, $2.H$ aus anderen Verbindungen frei werden, beide schon bei niederm Wärmegrade; dagegen vereinigen sich die entsprechenden Korbbälle O_2 und $2.H_2$ nur bei hohem Wärmegrade. So vereinigen sich im Augenblicke des Ausscheidens aus anderen Verbindungen der freie Stickstoff N und der freie Wasserstoff $3.H$ zu Ammoniak NH_3 , wogegen sich die entsprechenden Korbbälle N_2 und $3.H_2$ nicht vereinigen. So treten in den grünen Blättern unter dem Einflusse des Lichtes die Kohle und der Wasserstoff aus ihren Verbindungen mit dem Sauerstoffe aus und bilden als Freistoffe die zahlreichen zelligen Verbindungen, während die Korbbälle H_2 und die Kohlenbälle C_2 solche nicht bilden können.

Das Gasballgesetz von Avogadro, dass alle reinen Luftarten bei gleichem Drucke und gleichem Wärmegrade in gleichem Raume eine gleiche Anzahl Korbbälle haben, und dass diese dann gleich weit von einander stehen, gilt übrigens auch nur annäherungsweise, ebenso wie das Gasdruckgesetz von Boyle und das Gasraumgesetz von Gay-Lussac, dass der Raum sich umgekehrt verhalte wie der Druck. Sollten dieselben genau richtig sein, so müssten die Korbbälle selbst gar keinen Raum einnehmen, sondern Punkte sein, mindestens müssten sie bei allen Luftarten gleichen Raum einnehmen; beides ist aber nicht der Fall, die zweite Anmerkung zeigt, welchen Einfluss dies auf die Gesetze haben müsse. Jene Gesetze gelten also nur annähernd.

Die drei Gesetze gelten ferner nur für die reinen Luftarten, d. h. nur für die Luftarten, welche bei dem Wärmegrade, um den es

sich handelt, nicht durch Druck von einer oder einigen Luftsäulen flüssig werden. Behalten wir den Ausdruck Luft für sämtliche Luftarten bei; nennen wir, wie dies allgemein gebräuchlich ist, die luftartigen Körper, welche bei einem gewissen Drucke flüssig werden. Dämpfe; nennen wir dagegen die reinen Luftarten, wie dies auch in neuester Zeit allgemein gebräuchlich ist. Gase: so gelten also jene drei Gesetze nicht mehr für die Dämpfe. Da aber jedes Gas bei gehöriger Erniedrigung des Wärmegrades und bei genügendem Drucke flüssig wird (auch Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff hat man in neuester Zeit durch Druck bei niederm Wärmegrade flüssig gemacht), so kann man auch sagen, jene drei Gesetze gelten nur von einem bestimmten Wärmegrade aufwärts, wo die Luftarten reine Gasform haben. Wir wollen diesen Wärmegrad bei dem Drucke einer Luftsäule von 0.76 m den Gasgrad nennen, der also stets bedeutend höher als der Siedegrad liegt. Bei der Essigsäure z. B. ist der Friergrad 16° , der Siedegrad 118° , der Gasgrad 250° C. Ueber 250° C. hat die Essigsäure als Gas die Dichte 2.08 gegen Erdluft gleichen Druckes und Wärmegrades, kurz die Größe, wie sie nach obiger Tafel auf S. 138 nach ihrer chemischen Zusammensetzung haben muss. Dagegen hat dieselbe bei 125° C. als Dampf nach Cahours Beobachtung die Dichte 3.20 gegen Erdluft gleichen Grades. Es kommt dies unzweifelhaft daher, dass bei der Verdampfung der Flüssigkeit sich die kleinen Körperteilchen nicht sofort in die möglichst kleinen Korbkugeln auflösen, sondern dass noch eine Anzahl kleiner Korbkugeln in einem Dampfballen vereinigt bleiben und an einander haften. Da nach dem Gesetze von Clausius die äussere Arbeit der Kugeln in dem Dampfe für alle einzelnen Kugeln die gleiche sein muss, so ist das Quadrat der Schnelligkeit des Dampfballens um so viel kleiner, als das Gewicht des Dampfballens grösser ist. Bei dem Anpralle der anderen Korbkugeln werden dann diese Dampfballen zwar zum Teile zertrümmert, bilden sich aber bei grösser Dichte und häufigem Zusammenstosse wieder neu, solange sie eng zusammengedrängt bleiben.

Manche Verbindungen zerfallen beim Uebergange der Flüssigkeit in Dampf. So zerfällt Antimonchlorid SbCl_3 in Antimonchlorür SbCl_2 und Chlor Cl_2 , ebenso Phosphorbromid PBr_3 in PBr_2 und Br_2 , so zerfällt Dreifachchlorjod JCl_3 in Einfachchlorjod JCl und in Chlor Cl_2 , so Ammoniumcarbamat $\text{N}_2\text{H}_5\text{CO}_2$ in zwei Raumteile Ammoniak NH_3 und NH_3 und in ein Raumteil Kohlenäure CO_2 . So zerfallen fast alle Salze.

Andere Verbindungen bleiben zum großen Teile beim Uebergange in Dampfform, zerfallen aber beim Uebergange in die Gasform. So bleibt der Fünffachchlorphosphor PCl_5 zum Teil im Dampfe, zerfällt aber als Gas bei 300°C. in Dreifachchlorphosphor PCl_3 und in Chlor Cl_2 . So bleibt der Salmiak NH_4Cl zum Teil im Dampfe, zerfällt aber als Gas bei 350°C. in Ammoniak NH_3 und Salzsäure HCl . So bleiben die Verbindungen des Amylens C_5H_{10} mit HCl , HBr und HJ , d. h. also $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Br}$, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{J}$ im Dampfe, zerfallen aber bei höherer Wärme als Gas in Amylen C_5H_{10} und in HCl , HBr und HJ .

Bei sehr hohem Wärmegrade zerfallen dann freilich auch die in dem Gase beständigen Verbindungen, die Korbkugeln des Wassers H_2O , der Kohlenensäure CO_2 und viele andere.

Um die räumliche Größe der Korbkugeln festzustellen, hat man die Erscheinungen der Reibung der Luft gegen feste Scheiben in Rechnung gezogen und daraus den Querschnitt der Korbkugeln berechnet. Die zweite Anmerkung giebt uns die Methode der Berechnung. Dr. Oskar Emil Meyer hat darnach in der „kinetischen Theorie der Gase“ 1877 S. 207 die Werte ermittelt für den Querschnitt der sämtlichen Korbkugeln in einem Würfelmillimeter (Säule 4 der folgenden Tafel). Da nun in einem Würfelmillimeter nach Gesetz 6 im Ganzen 25000 Billionen Korbkugeln sind, so kann man daraus leicht den Querschnitt eines Korbkugels und aus diesem leicht den Durchmesser und die Raumgröße des Korbkugels berechnen. In dieser Weise ist die folgende Tafel berechnet worden.

Tafel über die GröÙe der Korbbälle aus der Reibung
berechnet.*

No.	N a m e	Korbball Formel.	Querschnitt der in 1 Wurf- millimeter enthaltenen Bälle in \square mm	BallgröÙe		
				Durchmesser Millimetal mm	Querschnitt Quadrat mm ²	RaumgröÙe Kubik mm ³
Grundstoffe.						
1	Erdluft		17700	0,3	0,07	14,130
2	Saurstoff	O ₂	1670	0,192	0,0368	12,990
3	Chlor	Cl ₂	3730	0,176	0,1102	43,350
4	Stickstoff	N ₂	1790	0,302	0,1516	14,410
5	Wasserstoff	H ₂	930	0,221	0,125	5,570
Einbindige Verbindungen.						
6	Chlorwasserstoff	HCl	2410	0,307	0,1964	22,510
Zweibindige Verbindungen.						
7	Wasserdampf	OH ₂	2720	0,372	0,1355	27,000
8	Schwefelwasserstoff	SH ₂	2810	0,375	0,1121	28,350
9	Schweflige Saure	SO ₂	3640	0,432	0,1456	41,800
Dreibindige Verbindungen.						
10	Ammoniak	NH ₃	2400	0,320	0,1096	22,350
11	Stickoxyd	NO	1840	0,256	0,130	15,020
12	Stickoxydul	N ₂ O	2600	0,302	0,144	25,230
Vierbindige Verbindungen.						
13	Grubengas	CH ₄	2080	0,320	0,1432	18,050
14	Kohlenfaure	CO ₂	2600	0,364	0,1411	25,230
15	Methylchlorur	CH ₃ Cl	3850	0,443	0,154	45,460
16	Methylather	C ₂ H ₆ O	4180	0,461	0,1672	51,430
17	Kohlenoxyd	CO	1800	0,313	0,072	14,530
18	Cyan	(CN) ₂	4220	0,164	0,1634	32,150
19	Aethylen	C ₂ H ₄	3040	0,324	0,1216	31,900
20	Aethylchlorfür	C ₂ H ₅ Cl	4740	0,491	0,1596	62,100

* Für die Berechnung ist die Gestalt der Korbbälle kugelförmig angenommen. Bezeichne nun d den Durchmesser des Korbballes, q den Querschnitt, v die RaumgröÙe des Korbballes, so ist

$$q = \frac{1}{4} \pi d^2 \text{ oder } d = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi}} \quad v = \frac{1}{6} \pi d^3.$$

Wir werden in der folgenden Nummer noch eine andere Art kennen lernen, die Größe der Korbhülle zu berechnen, welche fruchtbringender ist und führen diese Tafel nur zur Vergleichung mit den folgenden Tafeln an.

Anmerkung 1. Die mathematischen Beweise für die Gesetze der Korbhülle n1 bis 3 sind in den Arbeiten von Clausius, namentlich in den „Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie 1867“ ausführlich und klar gegeben. Dieselben sind durch die trefflichen Arbeiten von Maxwell *phil. mag.* 1860 ser. 4 vol. 19 S. 29, 1868 ser. 4 vol. 35 S. 185 und durch die Arbeiten von O. E. Meyer, *Die kinetische Theorie der Gase* 1877, weiter entwickelt und neu begründet, und namentlich durch die letztere Arbeit dem Verständnisse weiterer Kreise eröffnet worden. Wir können hier darauf verweisen.

Anmerkung 2. Die mathematischen Gesetze über die Bewegung, die Größe und das Gewicht der kleinsten Masseteilchen der Luft oder der Korbhülle.

1. Die Schnelligkeit der Bewegung der kleinsten Masseteilchen der Luft in der Sekunde.

Durch die ausgezeichneten Arbeiten von Clausius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie 1867 S. 229 ff. und durch die Arbeiten seiner Nachfolger ist festgestellt, dass die kleinsten Masseteilchen der Luft, welche wir Korbhülle nennen wollen, im Raume hin und her schwingen und zwar geradlinig mit gleichförmiger Schnelligkeit, bis sie auf einander treffen und von einander wieder abprallen.

Um nun den Druck zu berechnen, den die Luft gegen eine ebene Fläche ausübt, machen wir von dem bekannten Satze Gebrauch, dass die Schnelligkeit und die Kraft nach den 3 Achsen des Raumes in 3 Teilkräfte, und ebenso die Arbeit in 3 Teilarbeiten zerlegt werden kann, von denen jede der Achse nach einer bestimmten Richtung entspricht, die Summe dieser Teilarbeiten ist der Gesamtarbeit an Werten gleich. Joule (*Mem. of the Manchester lit. and phil. soc.* 1851 vol. 9 S. 107. *Phil. mag.* 1857 vol. 14 S. 211) hat dies so ausgedrückt, die Luft in einem würfelförmigen Raume drückt auf jede Fläche des Würfels so stark, als wenn $\frac{1}{3}$ aller Teilchen sich gleichlaufend mit dem auf die Fläche senkrechten Lote bewegten, so dass die Fläche nur von dem dritten Teile aller Teilchen getroffen werden kann.

Von diesem Drittel der Teilchen bewegt sich zur Zeit die Hälfte, also der sechste Teil aller Teilchen von links nach rechts, während die gleiche Zahl von rechts nach links fährt. Der Einfachheit wegen setzen wir die Druckfläche gleich der Flächeneinheit, die Zahl der in der Raumeinheit enthaltenen kleinsten Masseteilchen gleich N. In der Zeiteinheit können nun durch die Druckfläche nur solche Teilchen hindurchfahren, deren Abstand von der Druckfläche zu Beginn dieser Zeit kleiner war als der Weg in der Zeiteinheit, d. h. als die Schnelligkeit S. Alle Teilchen, welche von links nach rechts durch die Druckfläche hindurchtreten, kommen demnach aus einem rechtwinkligen Spate, dessen

Baſe die Druckfläche, d. h. die Flächeneinheit, deſſen Höhe die Schnelligkeit S , deſſen Rauminhalt demnach $1, S = S$ iſt. Die Zahl der in der Zeiteinheit durch die Druckfläche aus der linken in die rechte Hälfte übertretenden Teilchen beträgt demnach $\frac{1}{2} NS$.

Die Bewegungsgröße jedes Teilchens iſt aber, da ſeine Schnelligkeit S iſt, wenn ſeine Maſſe m iſt, gleich

$$mS.$$

Die Bewegungsgröße aller durch die Druckfläche aus der linken in die rechte Hälfte übertretenden Teilchen beträgt demnach

$$\frac{1}{2} NS \cdot mS = \frac{1}{2} NmS^2.$$

Die von links nach rechts gehende Bewegung der kleiſten Maſſeteilchen wird durch die von links nach rechts durch die Druckfläche übertretenden Teilchen um dieſe Größe vermehrt, durch die von rechts nach links übertretenden Teilchen um die gleiche Größe vermindert, dadurch entſteht in der rechten Hälfte ein Ueberſchuß der nach rechts gehenden Teilchenbewegung über die nach links gerichtete im doppelten Betrage. d. h. von

$$\frac{1}{2} NmS^2.$$

Dieſer Ueberſchuß wirkt während der Zeiteinheit gleichmäßig als bew. gende Kraft von links nach rechts auf die Druckfläche, d. h. auf die Flächeneinheit und iſt nichts anderes als der auf dieſe Fläche wirkende Druck.

Nennen wir den Druck auf die Flächeneinheit in der Luft p . ſo iſt alſo,

$$p = \frac{1}{2} NmS^2.$$

Die Größe Nm iſt aber die Maſſe der ſämmtlichen kleiſten Maſſeteilchen in der Raumeinheit, beſtimmen wir das Gewicht in Milligrammen und betrachten wir, daß ein Würfelmillimeter Waſſer ein Milligramm wiegt, ſo iſt $Nm = \rho$ das Raumgewicht der Luft gegen Waſſer und iſt

$$p = \frac{1}{2} \rho S^2$$

$$S^2 = \frac{2p}{\rho}.$$

Sei nun $g = 9,80896$ Meter die beſchleunigende Kraft der Schwere, ſei $q = 13,595$ die Dichtigkeit des Queckes (Hydrargyrum) gegen Waſſer, ſei $h = 0,76$ Meter die Höhe des Queckes bei einer Luftſäule (Atmosphäre) Druck von 0°C. , ſo iſt, wenn p_0 und S_0 die Werte bei 0°C. bezeichnen:

$$p_0 = qgh,$$

mithin

$$S_0^2 = 3 \frac{q}{\rho} gh.$$

Hier kennt man alle Größen und kann alſo S_0 berechnen. Die Größe $3 qgh = 304,0668$ iſt hier für alle Stoffe gleich, die Größe ρ , d. h. das Raumgewicht der Luftart gegen Waſſer iſt für die Erdluft $\frac{1}{773,3}$, für den Waſſerſtoff $\frac{0,0693}{773,3}$, ſetzen wir $\rho \cdot \frac{773,3}{0,0693} = d$, d. h. für den Waſſerſtoff $d = 1$, ſo iſt die mittlere Geſchwindigkeit für alle Gaſe bei 0°C. , d. h. S_0

$$S_0 = \frac{1842}{\sqrt{d}}$$

für die Erdluft iſt alſo $S_0 = 485^m$, für den Waſſerſtoff iſt $S_0 = 1842^m$, für alle anderen Luftarten iſt

$$S_0 = \frac{1842}{\sqrt{d}}$$

wo d die Dichtigkeit der Luftart gegen Wasserstoff bezeichnet und unmittelbar aus den Korbgewichten berechnet werden kann.

Bemerkt muss übrigens noch werden, dass die Geschwindigkeiten der einzelnen Teilchen sehr verschieden ausfallen. Der obige Wert S ist der Mittelwert der Arbeit der einzelnen Teilchen. Der wahrscheinlichste Wert der Geschwindigkeit ist nach Maxwell's Gefetze (Report of the 43th. meeting of the Brit. Association at Bradford 1873)

$$W = \sqrt{\frac{2}{3}} S = 0,8165 S.$$

Das arithmetische Mittel der Schnelligkeit ist dagegen

$$\Omega = \sqrt{\frac{8}{3\pi}} S = 0,9213 S.$$

Ich führe diese Werte hier nur berichtend an, um jedes Missverständniss abzuschneiden.

Sei t die Wärme in Centgraden, so ist nach dem Gasausdehnungsgesetze von Dalton

$$p = k\rho (1 + \alpha t)$$

wo k und α Constanten und zwar α der thermische Ausdehnungscoefficient für Luftarten $\alpha = 0,003665$.

Für 0° ist darnach $p_0 = k\rho$; für 0° ist aber auch $p_0 = \frac{1}{2} \rho S_0^2$, also ist $k = \frac{1}{2} S_0^2$. mithin da allgemein für alle Grade

$$p = \frac{1}{2} \rho S^2 \quad \text{und} \quad p = \frac{1}{2} \rho S_0^2 (1 + \alpha t),$$

so ist

$$S^2 = S_0^2 (1 + \alpha t) \\ S = S_0 \sqrt{1 + \alpha t}.$$

Setzen wir hier $\frac{1}{\alpha} + t = T = 273^\circ + t$, so ist

$$S = 0,903665 S_0 \sqrt{T},$$

d. h. die Schnelligkeit der kleinsten Masseteilchen wächst wie die Quaderwurzel aus dem Luftgrade, wenn wir die Luftgrade von -273° C. ab zählen.

2. Die Schnelligkeit der Fortpflanzung des Schalles.

Die Schnelligkeit der Bewegung der kleinsten Masseteilchen der Luft kann man auch aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles ableiten.

Sei nämlich V die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft, so ist nach Newton's Theorie

$$V^2 = \frac{p}{\rho},$$

mithin, wenn wir V^2 für $\frac{p}{\rho}$ einsetzen

$$S^2 = 3 V^2 \quad S = \sqrt{3} V = 1,732 V.$$

Für die Erdluft kennen wir $V = 332 \text{ m.}$, also würde hiernach S für die Erdluft 575 Meter sein.

Für die Luftarten muss nach Laplace die Formel noch berichtigt werden durch das Verhältniss der Raumwärme C bei gleichem Drucke zu der Raumwärme c bei gleichem Raume, so dass

$$V^2 = \frac{p}{\rho} \frac{C}{c} \quad \text{wo } \frac{C}{c} = 1,405$$

mithin, wenn wir $V^2 \frac{c}{C}$ für $\frac{p}{\rho}$ einsetzen

$$S^2 = 3 V^2 \frac{c}{C} = 2,13523 V^2 \quad S = 1,461243 V.$$

Hienach ist für Erdluft $S_0 = 485$ Meter.

Beide Betrachtungsweisen liefern mithin dasselbe Ergebniss.

3. Die Weglänge der kleinsten Masseteilchen der Luft.

Bezeichne λ den mittleren Abstand der kleinsten Masseteilchen der Luft, bezeichne s den Durchmesser des kleinsten Masseteilchens, und L die Weglänge der kleinsten Masseteilchen, so ist der Raum, den jedes Masseteilchen zu seinen Schwingungen hat λ^3 . Zwei Masseteilchen werden sich ferner stossen, wenn ihre Mittelpunkte um s oder weniger als s von einander abstehen, die Wirkungssphäre jedes Masseteilchens ist also gleich einem Kreife mit dem Halbmesser s , d. h. gleich πs^2 , der Raum für die freie Bewegung wird also bestimmt durch die Gleichung

$$\lambda^3 = \pi s^2 L \quad \text{oder } L = \frac{\lambda^3}{\pi s^2}.$$

Clauius findet unter Anwendung höherer Mathematik, dass man $\frac{3}{4}$ dieses Wertes setzen müsse, also

$$L = \frac{3}{4} \frac{\lambda^3}{\pi s^2}$$

wobei das L dem Werte S der Schnelligkeit entspricht.

Führt man mit Maxwell Ω statt S ein und bezeichne L' die dem Ω entsprechende Weglänge, so wird

$$L' = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\lambda^3}{\pi s^2} = \frac{\sqrt{8}}{3} L = \sqrt{\frac{8}{9}} L.$$

Wir haben N die Anzahl der in der Raumeinheit enthaltenen kleinsten Masseteilchen genannt, es ist also

$$N \lambda^3 = 1$$

mithin ist auch

$$L = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{\pi s^2 N} \quad L' = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\pi s^2 N}$$

oder

$$N = \frac{3}{4} \frac{1}{\pi s^2 L} \quad N = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\pi s^2 L'}.$$

Sei ferner L_0 die Weglänge bei 0°C. , so ist

$$L = L_0 (1 + \alpha t)^q = L_0 (\alpha T)^q$$

wo q für Gase zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 schwankt und α der thermische Ausdehnungs-Coefficient ist.

Bezeichne Z die Zahl der Zusammenstöße der kleinsten Masseteilchen in der Zeiteinheit, so ist für jedes einzelne Masseteilchen

$$Z = \frac{S}{L} = \frac{\Omega}{L'}.$$

Bezeichne Q den Querschnitt durch sämtliche Masseteilchen in der Raumeinheit, so ist, da der Querschnitt durch ein einzelnes der kleinsten Masseteilchen $\frac{1}{4}\pi s^2$, und die Anzahl der Masseteilchen in der Raumeinheit N ist

$$Q = \frac{1}{4}\pi s^2 N \\ = \frac{1}{\frac{4}{\pi}} \frac{1}{L} = \frac{1}{4\sqrt{2}L'}$$

oder es ist

$$QL = \frac{1}{\frac{4}{\pi}}.$$

Wir werden also die Weglänge, den Querschnitt und die Zahl der Zusammenstöße haben, wenn wir eine dieser Größen angeben können. Um dies zu können, beobachten wir die Reibung, welche die Luft an Scheiben vornimmt, welche in der Luft bewegt werden. Betrachten wir demnach die Reibung R , welche die Luft in ihrem Innern auf eine Flächeneinheit hervorbringt. Es können gegen die Flächeneinheit nur solche Masseteilchen springen, welche höchstens um die Weglänge L abstehen, mithin, da in der Raumeinheit N Masseteilchen enthalten sind, so sind in dem Abstände L

$$NL$$

Masseteilchen enthalten. Von diesen bewegt sich aber nur der 3te Teil senkrecht gegen die Fläche, und schwingt von diesem dritten Teile auch nur die Hälfte zur Fläche hin, die Hälfte von der Fläche ab, es bewegen sich also nur $\frac{1}{6}NL$

Teilchen so, dass sie bei einer Hinbewegung in die oberen Schichten übertreten können. In der Zeiteinheit machen diese Teilchen aber Z Zusammenstöße, mithin ist die Zahl der Masseteilchen, welche in der Zeiteinheit in die oberen Schichten übertreten

$$\frac{1}{6}NLZ = \frac{1}{6}NL \frac{S}{L} = \frac{1}{6}NS.$$

Jedes dieser Teilchen vermindert die Bewegungsgröße der oberen Hälfte um mL , wenn m das Gewicht des einzelnen Masseteilchens ist, alle die Teile vermindern sie also um

$$\frac{1}{6}NmLS.$$

Den gleichen Verlust erleidet die Bewegung der oberen Schichten durch die gleiche Anzahl von Teilchen, welche aus der oberen Schicht in die untere treten. Demnach ist die gesammte Verminderung der Bewegung, d. h. der Betrag der Reibung R , welchen die obere Schicht von der unteren erfährt,

$$R = \frac{1}{3}NmLS = \frac{1}{3}\rho LS$$

da die Dichtigkeit $\rho = Nm$ ist.

Bei Anwendung der höheren Mathematik und Berücksichtigung der verschiedenen Geschwindigkeiten ergibt sich

$$R = 0,27622 \rho LS = 0,318 \rho L' \Omega.$$

Hier kennen wir R und ρ aus Beobachtung, S und Ω aus Berechnung und können also L leicht berechnen; und daraus leicht Q und Z

$$L = 3,62 \frac{R}{\rho S} \quad L' = 3,145 \frac{R}{\rho \Omega}.$$

Für die Erdluft ist bei $0^\circ C.$, $R = 0,000175$, $S = 485m$, $\rho = 0,0012932$, mithin

$$L = 0,000101 mm = 101 \text{ Milliontel Millim.}$$

$$Z = 4800 \text{ Millionen}$$

$$Q = 1856 \text{ } \square \text{ Millimeter}$$

wo Q die Oberfläche sämtlicher kleinsten Teilchen in einem Würfelmillimeter ist,

4. Die Größe, das Gewicht und die Anzahl der kleinsten Masseteilchen der Luft oder der Korbbälle.

Nach dem Gasdruckgesetze von Boyle soll sich bei den Luftarten der Druck umgekehrt verhalten wie der Raum. Sei nämlich der Raum verringert wie $1:p^3$, so wird die Entfernung der Teilchen verringert, wie $1:p$; demnach ist die Zahl der Teilchen, welche sich in der Grenzschrift unter der Flächeneinheit der Wand befinden, wie $p^3:1$ vermehrt worden und ist die Zahl der in einer Zeit erfolgenden Stöße für jedes Teilchen, wie $p:1$ gewachsen. Da also die Zahl der stosenden Teilchen wie $p^3:1$ und die Anzahl der Stöße jedes einzelnen Teilchens wie $p:1$ gewachsen ist, so hat die Summe der die Flächeneinheit der Wand treffenden Teilchen, wie $p^3:1$ zugenommen. d. h. der Druck verhält sich umgekehrt wie der Raum. Aber wie die Erfahrung lehrt, ist dies nicht ganz genau richtig. Die kleinsten Masseteilchen der Luft nehmen einen Raum ein, und dieser ist bei der Betrachtung nicht in Rechnung gezogen. Die Teilchen stosen sich also öfter, als wenn sie nur verschwindend klein wären: der Druck wächst schneller, als der Raum abnimmt.

Sei also L die Weglänge, die jedes Masseteilchen beschreibt in dem bisherigen Sinne, wo L die Entfernung von Schwerpunkt bis Schwerpunkt bezeichnet. so ist klar, dass der Weg nicht gröser sein kann, als die Länge des freibleibenden Abstandes zwischen den Wirkungssphären, und dass also die Weglänge bei centralem Stosse um den Durchmesser, im Mittel um $\frac{2}{3}$ des Durchmessers s abnehmen muss. Bezeichnen wir also die Weglänge jetzt mit

$$L(1 - b), \text{ so ist } bL = \frac{2}{3}s.$$

Es ist aber b durch Beobachtung aus der Abweichung der Gase von dem Gasdruckgesetze zu finden, und kann also, da L bekannt ist, auch s berechnet werden. Es ist auf diese Weise für die Erdluft $s = 0,36$ Milliontel Millimeter gefunden worden. Der Querschnitt eines kleinsten Masseteilchens ist demnach $q = \frac{4}{3}\pi s^2 = 0,0706858$ Billiontel \square Millimeter und da der Querschnitt aller Teilchen in einem Würfelmillimeter $Q = 1856 \square$ Millimeter ist, so sind mithin in einem Würfelmillimeter

$$N = \frac{Q}{q} = 26257 \text{ Billionen}$$

oder rund 25000 Billionen kleinster Masseteilchen, (oder in einem Würfelmeter sind 25 Quadrillionen kleinster Masseteilchen) enthalten, und dies gilt für alle Luftarten. Die Entfernung der kleinsten Masseteilchen ist ferner für alle Luftarten dieselbe, denn es ist

$$N\lambda^3 = 1$$

$$\text{also ist } \lambda = \sqrt[3]{\frac{1}{N}} = 3,4 \text{ Milliontel Millimeter.}$$

In allen Luftarten sind bei 1 Luftsäule $= 0,76$ Meter Queck Druck und 0°C. in einem Würfelmillimeter 25000 Billionen kleinster Masseteilchen enthalten, und stehen dieselben in allen Luftarten um 3,4 Milliontel Millimeter von einander ab.

Für die Erdluft ergibt sich, da $q = Nm$ ist, die Masse eines Masseteilchens

$$m = \frac{q}{N} = \frac{1}{773,3} \cdot \frac{1}{N} = 51726 \text{ Quadrilliontel Milligramm,} \\ = 51,7 \text{ Quadrilliontel Gramm.}$$

Für den Wasserstoff ergibt sich

$m = 3_{,55}$ Quadrilliontel Gramm oder rund $3_{,5}$ Quadrilliontel Gramm.

Anmerkung 3. Die kleinsten Masseteilchen der Luft oder die Korbbälle für die Grundstoffe.

Nachdem wir die Luft in ihre kleinsten Masseteilchen, die Korbbälle (Molecules) zerlegt und deren Gewicht und GröÙe bestimmt haben, bleibt nun noch die Frage zu lösen, wieviele Körbe (Atome) in jedem Korbballe enthalten sind. Kundt und Warburg (Ber. d. d. chem. Ges. 1875 S. 945; Pogg. Ann. 1876 Bd. 157 S. 353) haben nun durch Bestimmung der Schallgeschwindigkeit im Queckdampfe bewiesen, dass die Korbbälle dieses Dampfes keine innere Bewegung haben, folglich nicht aus mehreren gegen einander beweglichen Körben bestehen. Im Queckdampfe enthält also jeder Korbball nur einen Korb. Ebenso enthält beim Kad (Cadmium) und Zink jeder Luftball nur einen Korb.

Bei allen anderen Grundstoffen enthält jeder Korbball mehrere Körbe und zwar bei Phosphor und Arsen 4 Körbe, bei allen anderen Grundstoffen 2 Körbe oder einen Doppelkorb. Dies geht schon unzweifelhaft aus dem Gasballgesetze von Avogadro hervor. Nach diesem Gesetze enthalten gleiche Lufträume bei gleichem Drucke und gleichem Wärmegrade auch gleichviel Korbbälle. Nun vereinigen sich zwei Raumteile Wasserstoff mit einem Raumteile Sauerstoff zu zwei Raumteilen Wasserdampf. Enthalt also ein Raumteil Luft N Korbbälle, so enthalten die zwei Raumteile Wasserdampf $2N$ Korbbälle. Jeder Korbball Wasserdampf enthält aber mindestens drei Körbe H_2O , denn halbe Körbe kann er nicht enthalten; mithin enthalten die zwei Raumteile Wasserdampf mindestens $6N$ Körbe und zwar $4N$ Körbe Wasserstoff und $2N$ Körbe Sauerstoff. Vor der Verbindung enthielten also die zwei Raumteile Wasserstoff $2N$ Korbbälle mit $4N$ Körben, mithin enthält jeder Korbball Wasserstoff 2 Körbe. Vor der Verbindung enthielt der eine Raumteil Sauerstoff N Korbbälle mit $2N$ Körben; also enthält jeder Korbball Sauerstoff 2 Körbe. In ähnlicher Weise kann man auch für die andern Grundstoffe nachweisen, dass auch bei ihnen die Korbbälle aus Doppelkörben bestehen. Lothar Meyer. Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik 1876, erörtert diese Fragen in gründlichster Weise und kann hier auf ihn verwiesen werden.

14. Die Flüssigkeit und ihre kleinsten Teile, die Korbtröpfen.

Wird der Druck auf einen Dampf so bedeutend, oder wird der Dampf soweit abgekühlt, dass die schwingenden Korbbälle durch ihr Anprallen oder Stosen gegen den drückenden Gegenstand dem Drucke nicht das Gleichgewicht halten können, so werden die Korbbälle näher an einander gerückt, verlieren ihr geradliniges Hin- und Herschwingen und treten so nahe an einander, dass ein Korbball auf den andern drückt. Eine Anzahl Korbbälle haften an einander und vereinigen sich, wie wir beim Dampfe bereits sahen, zu einer kleinen Kugel, dem kleinsten Teile der Flüssigkeit, welche wir einen Korbtröpfen nennen

wollen. Jeder Korbtröpfen besteht demnach aus einem oder mehreren Korbballen. Die Korbtröpfen oder die kleinsten Teilchen der Flüssigkeit berühren sich dann gleichsam, d. h. sie stossen sich bei noch weiterer Näherung ab und können daher nicht weiter zusammengedrückt werden. Die einzelnen Körperteile büßen bei diesem Uebergange einen grossen Teil ihrer Bewegung ein, da diese aber nicht verloren gehen kann, so geht sie auf andere Körper über, die dadurch erwärmt werden. Man sagt, die Wärme, welche bisher in der Luft gebunden war, wird frei. Ein Kilogramm Wasserdampf, das sich zu Wasser niederschlägt, giebt soviel Wärme frei, um 536 Kilogramm Wasser um einen Grad zu erwärmen.

Der Wasserdampf z. B., der unter dem Drucke einer Luftläule (von 0,76 m Queck) steht, nimmt, wenn er sich bei abnehmender Wärme zur Flüssigkeit niederschlägt, nur $\frac{1}{1700}$ seines Raumes ein, d. h., da $12 \times 12 \times 12 = 1728$ ist, die Körperteile stehen in der Flüssigkeit 12mal so eng an einander als in der Luft. Die Flüssigkeit wird auch beim stärksten Drucke nur äusserst wenig zusammengedrückt; so wird eine Säule Wassers, deren Querschnitt ein Centimeter ist, durch das Gewicht von 1 Kilogramm nur um 50 Milliontheile ihrer Länge zusammengedrückt. Die Abstosungskraft der Körperteile nimmt mithin schon bei sehr geringer Näherung sehr bedeutend zu. Die kleinsten Teilchen der Flüssigkeit oder die Korbtröpfen müssen sich daher in der Flüssigkeit schon sehr nahe berühren und bei weiterer Näherung so heftig abstossen, dass diese Abstosungskraft bald jedem beliebigen Drucke das Gleichgewicht hält.

Die kleinsten Teilchen der Flüssigkeit, die Korbtröpfen, sind in lebhaftester Bewegung; sie sind jedenfalls nicht in Ruhe; wären sie in Ruhe, so würden die kleinsten Teilchen der Flüssigkeit, um verschoben zu werden, eine gewisse Kraft erfordern. Das ist aber nicht der Fall.

Die Flüssigkeit ist ein Körper, dessen Teilchen durch jede Kraft verschoben werden. Ein jedes Teilchen einer stehenden Flüssigkeit oder jeder Tropfen wird von allen Seiten gleich stark gedrückt und drückt selbst gleich stark nach allen Seiten. (Tropfendruckgesetz.)

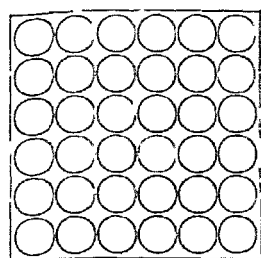
Die kleinsten Teilchen der Flüssigkeit sind also nicht in Ruhe, sondern sie bewegen sich um einander; denn nur, wenn dies der Fall

ist, können sie durch jede noch so kleine Kraft beliebig verschoben werden.

Die Gestalt der Korbtröpfen oder der kleinsten Theilchen der Flüssigkeit ist die einer Kugel. Denn nur die Gestalt der Kugel setzt der Verschiebung kein Hinderniß entgegen. Nur ein Haufen polirter Kugeln gestattet den Kugeln die leichteste Verschiebung und lässt die Kugeln beliebig um einander rollen. Jede eckige Gestalt würde die Bewegung hemmen und ins Stocken bringen. Ebenso jede langgestreckte runde Gestalt. Wären die kleinsten Theilchen der Flüssigkeit langgestreckte runde Gestalten, so erforderte die leichte Bewegung und Verschiebung der Theilchen leere Zwischenräume zwischen den Theilchen, die Flüssigkeit müsste also zusammenpressbar sein. Da sie dies nicht, oder wenigstens überaus wenig ist, so folgt, dass die Gestalt der kleinsten Theilchen der Flüssigkeit nicht langgestreckt ist. Die Gestalt der kleinsten Theilchen der Flüssigkeit ist also die einer Kugel, eines Tropfens.

Diese kleinsten Theilchen der Flüssigkeit oder die Korbtröpfen sind nun nicht in Ruhe, nicht in fester Lage; sondern sie bewegen sich um einander, aber nicht mehr, wie bei der Luft in geradlinigem Hin- und Herschwingen, indem sie durch die leeren Räume eilen und dann auf einander stossen, sondern die Korbtröpfen beschreiben kreisartige Bahnen, indem ein Korbtröpfen um den andern rollt, wie ein Kammerad um das andere. Wenn die Korbtröpfen noch durch leeren Raum hin- und herführen und sich nur zeitweise stossen und berühren, so müssten die zeitweisen Stöße der Korbtröpfen einem Drucke noch das Gleichgewicht halten können, was, wie wir oben sahen, nicht der Fall ist. Auch wäre dann noch viel leerer Raum in der Flüssigkeit und müssten diese also dann zusammengedrückt sein. Wenn dagegen die Korbtröpfen unmittelbar um einander rollen, in der Weise, dass sie sich mit ihren Wirkungssphären bleibend berühren und die Abstosungskraft bei noch weiterer Näherung über jede Grenze steigt, so kann die Flüssigkeit jedem Drucke Widerstand leisten und wird sie auch durch den stärksten Druck nur wenig zusammengedrückt.

Jede Flüssigkeit besteht in ihren letzten Theilen aus Korbtröpfen, welche einander mit ihren Wirkungssphären bleibend berühren und in steter Berührung um einander rollen und kreisförmige Bahnen beschreiben. (Tropfenrollgesetz.)



Lagerung der Korbtröpfen.

Zeichn. 10.

Der Raum der Korbtröpfen lässt sich nun durch Rechnung bestimmen. Sei d der Durchmesser eines kugelförmigen Korbtröpfens, und sei die Flüssigkeit in lauter kleine Würfel geteilt mit der Kante d , so wird die Beweglichkeit und der Widerstand der Flüssigkeit dann, aber auch nur dann möglich sein, wenn in jedem Würfel mit der Kante d ein Korbtröpfen mit dem Durchmesser d lagert: denn einmal berühren sich dann alle Korbtröpfen bleibend, und behalt doch jeder Tröpfen den freien Raum, um um die Nachbar-

tröpfen in steter Berührung zu rollen und kreisförmige Bahnen zu beschreiben. Der Raum, den der Würfel einnimmt, ist dann d^3 , der Raum, den der Korbtröpfen einnimmt, ist $\frac{1}{6} \pi d^3$ oder $0.5236 \cdot d^3$. Von dem gesammten Raume, den die Flüssigkeit einnimmt, sind also nur 0.5236 Teile durch Korbtröpfen erfüllt, dagegen 0.4764 Teile noch leerer Raum für die Bewegungen der Tröpfen. Sollten die kleinsten Teile der Flüssigkeit, die Korbtröpfen, weiter von einander entfernt sein, so konnten sie sich nicht mehr bleibend berühren: sollten sie aber dichter und gedrängter stehen, so konnten sie sich nicht mehr frei bewegen und verschieben.

Nimmt man diese Lagerung der kleinsten Teile der Flüssigkeit, der Korbtröpfen, nun aber als die allein mögliche an, so kann man nun leicht die reichsten Schlüsse und Folgerungen auf die Korbbälle der Körper und ihre Eigenschaften und Bewegungen machen. Die Frage, wie groß die Korbtröpfen sind, ist hierbei gleichgültig. Das Verhältniss bleibt ganz daselbe, ob man die Flüssigkeit in große Korbtröpfen zerlegt, von denen jeder viele Korbbälle umfasst, oder ob man sie in lauter geforderte einzelne Korbbälle zerlegt. Man kann also unmittelbar auch auf die letzteren schließen. Die folgende Tafel giebt uns die Schlüsse für alle die Flüssigkeiten, deren chemische Zusammensetzung und Raumgewicht man gegenwärtig kennt.

Tafel der Flüssigkeiten, ihrer Luftform und ihrer Korbbälle.

Die Zahlen der Tafel gründen sich auf die Angabe, dass ein Korb Wasserstoff 1.7_3 Quadrilliontel Gramm wiegt. Es ist diese Angabe die erste bis jetzt gewonnene Annäherung. Sollte sich in Zukunft diese Angabe berichtigen und ein Korb Wasserstoff a . 1.7_3 Quadrilliontel Gramm wiegen, so werden auch die Zahlen der Tafel eine Berichtigung erfahren. Es bleiben in diesem Falle ganz unverändert die Angaben der Spalten 1—6, 8—10, 12—13, 15, 22—23. In den anderen Spalten sei die bisherige Zahl C, die in Zukunft durch Berichtigung gewonnene Zahl B, so ist in Spalte 7 $B = \frac{C}{a}$, in Spalte 11 $B = aC$.

Ebenso ist in Spalte 14 $B = aC$, in Spalte 16 $B = Ca^{\frac{1}{2}}$, in Spalte 17 $B = \frac{C}{a^{\frac{1}{2}}}$, in Spalte 18 $B = Ca^{\frac{1}{3}}$, in Spalte 19 $B = Ca^{\frac{2}{3}}$, in Spalte 20 und 21 $B = C, a$.

Die Berechnung der Zahlen in der folgenden Tafel ist in den am Schlusse der Tafel folgenden Anmerkungen gerechtfertigt.

Die Verhältnisse der Flüssigkeiten und ihrer Luftform.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
No.	Name	Flüssigkeit.					Luftform.			
		Frier-grad	Siede-grad	Raum-ge-wicht	bei °C	Korb-bälle in 1 $\frac{1}{2}$ Zoll-Tril-lionen	Dichte der Luft	Ge-wicht von 1 $\frac{1}{2}$ Zoll-Mil-lionel Gramm	Raum-flüs-sigen Zu-stand	Die Bälle bilden Mil-liontel des Rau-mes
1	Acetal		105°	0.821	22.4	3.976	4.104	5.191	158.1	3232
2	Aconitssäure Äthyläther		236°	1.074		2.379	8.777	11.350	94.62	5503
3	Aethyl			0.690	0°	5.911	1.973	2.552	235.1	2214
4	Aethyläther	-31°		0.720	0°	5.028	2.517	3.256	223.9	2323
5	Aethylamin		18°	0.898	8°	8.844	1.530	1.978	351.8	1480
6	Aethylbenzol		134°	0.8664		4.7071	3.906	4.963	185.8	2802
7	Aethylbromür		38°	1.47		7.706	3.708	4.785	292.8	1698
8	Aethylchlorür		12°	0.92		8.152	2.194	2.837	324.3	1606
9	Aethylchlorid		60°	1.241		7.105	3.367	4.354	285.0	1824
10	Dichloräthylchlorid		75°	1.347		5.766	4.511	5.872	229.3	2270
11	Trichloräthylchlorid		102°	1.530	17°	5.206	5.713	7.398	207.1	2514
12	Tetrachloräthylchlorid		145°	1.710		4.826	6.888	8.907	192.0	2712
13	Aethylcyanür		96°	0.709	4°	3.308	1.870	2.418	330.4	1576
14	Aethylenalkohol		197°	1.125		8.236	2.108	2.726	412.5	1589
15	Aethylenbromid	0°	129°	2.160	21°	6.565	6.886	8.971	261.2	1994
16	Aethylenchlorid		85°	1.247	18°	7.200	3.367	4.354	286.3	1822
17	Aethylentrichlorid		115°	1.52		6.089	4.541	5.872	241.8	2150
18	Aethylen-tetrachlorid		138°	1.61		5.175	5.714	7.388	217.8	2389
19	Aethylen-dichloro-füllid			1.408	13°	6.143	4.456	5.762	244.4	2121
20	Aethylenoxyd		13°	0.885		11.823	1.497	1.936	462.4	1126
21	Aethylenfulhydrat		146°	1.123	23°	6.827	3.168	4.133	271.6	1917
22	Aethyljodür		71°	1.0755		7.236	5.307	6.863	287.9	1809
23	Aethylschwefelsäure			1.315	16°	5.064	4.287	5.143	237.2	2195
24	Aethylsenföhl		134°	1.012		6.685	2.965	3.834	265.8	1955
25	Aethylsulhydrat		36°	0.842	15°	7.760	2.109	2.728	308.7	1687
26	Aethylsulfo-cyanur		146°	1.033		6.787	2.050	3.826	270.0	1929
27	Aethylsulfo-säure			1.390		6.753	3.742	4.839	265.6	1903
28	Aethylsulfür		91°	0.837		5.314	3.062	3.959	211.4	2463
29	Aldehyd		21°	0.891		10.403	1.487	1.930	419.8	1258
30	Alkohol		78°	0.78367	15°	9.859	1.185	2.024	392.2	1328
31	Allyl, Di-		58°	0.864	14°	4.767	2.700	3.607	189.6	2746
32	Allylalkohol		96°	0.8709		8.580	1.973	2.552	341.2	1525
33	Allylamin		58°	0.861	15°	8.666	1.938	2.507	314.7	1510
34	Allylbromür		70°	1.461		6.901	4.116	5.322	274.5	1897
35	Allylchlorür		44°	0.853		7.137	2.601	3.364	283.9	1834
36	Allylcyanür		118°	0.859		7.159	2.278	2.946	284.8	1828
37	Allylin		240°	1.116		5.022	4.481	5.807	192.2	2607
38	Allyljodür		100°	1.839	14°	6.255	5.715	7.381	248.8	2093
39	Allylsulfo-cyanür		148°	1.010	15°	5.831	3.367	4.354	232.6	2245
40	Ameisensäure	-1°	105°	1.223		15.193	1.563	2.024	604.3	1085
41	Ameisensäure Äthyläther		54°	0.945		7.287	2.618	3.256	290.2	1794
42	Ameisäther Perchlor		200°	1.705	18°	3.468	9.557	12.358	138.0	3775
43	Ameisensäure Amyläther		116°	0.874	21°	4.305	3.468	5.103	171.3	3040
44	Ameisensäure Methyläther		33°	0.94		8.932	2.137	2.840	356.1	1462
45	Ammoniak			0.5967		20.404	0.5967	0.771	773.3	654
46	Amyl, Di-		158°	0.743		2.880	4.831	6.217	118.0	4378
47	Amyläther		176°	0.779	22°	2.817	5.375	6.851	112.1	4646
48	Amylalkohol	-20°	132°	0.818	15°	5.312	2.904	3.871	211.3	2464

Die Verhältnisse der Korbhülle.

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
No.	Formel, Gewicht und Bewegung.					Ballgröße.					
	Chemische Formel	Gewicht Quadril- lional Gramm	Schnel- ligkeit in Mil- lometern	Weg- länge in Mil- lometern	Stoß- in einer Se- kunde Mil- lionen	Durch- messer Mil- lional mm	Quer- schnitt Mil- lional (mm) ²	Rauminhalt der Ver- bin- dung Quadril- lional (mm) ³	ein- zelnen Körbe Quadril- lional (mm) ³	Ver- bin- dung Hund- dertel mehr	Raum- ge- wicht des Balles
1	(C ₂ H ₅) ₂ O ₂ (C ₂ H ₅) ₂	206 ₃₅	242 ₁	23 ₉₇	10099	0 ₃₅₃₁	0 ₃₁₂₉	131700	100610	30 ₄₀	1 ₃₅₆₇₈
2	C ₆ H ₅ O ₆ (C ₂ H ₅) ₂	451 ₁₅	163 ₇	16 ₉₉	9685	0 ₇₅₀	0 ₄₄₁₁	220120	186300	18 ₄₂	2 ₃₅₁₁
3	(C ₂ H ₅) ₂	101 ₁₅	345 ₃	31 ₂₁	11058	0 ₃₅₃	0 ₂₄₀₂	88580	60270	46 ₉₇	1 ₁₄₆₃
4	(C ₂ H ₅) ₂ O	129 ₁₅	305 ₇	30 ₂₂	10116	0 ₃₆₂	0 ₂₄₈₂	93010	66665	39 ₅₂	1 ₃₉₂₃
5	C ₂ H ₅ .NH ₂	78 ₁₇	392 ₁	40 ₅₃	9599	0 ₄₈₄	0 ₁₈₃₅	59200	42910	37 ₉₆	1 ₃₂₈₄
6	C ₆ H ₅ .C ₂ H ₅	185 ₁₅	255 ₄	26 ₆₉	9572	0 ₃₉₈	0 ₂₈₁₁	112100	92690	20 ₃₄	1 ₃₁₆₈
7	C ₂ H ₅ Br	190 ₇₃	251 ₉	37 ₂₈	6760	0 ₃₅₀₈	0 ₂₀₁₃	67940	54820	23 ₉₃	2 ₂₈₀₇₈
8	C ₂ H ₅ Cl	112 ₈₅	327 ₄	38 ₆₈	8466	0 ₁₉₇	0 ₁₃₆₉	64230	48178	33 ₉₂	1 ₁₇₆₇₀
9	C ₂ H ₅ Cl ₂	173 ₂	264 ₃	35 ₄₉	7447	0 ₃₁₉	0 ₂₁₁₃	73080	63436	15 ₂₁	2 ₃₇₀₀
10	C ₂ H ₅ Cl ₃	233 ₆	227 ₃	30 ₇₁	7411	0 ₃₅₈	0 ₂₄₄₂	90800	78694	15 ₉₈	2 ₃₇₂₇
11	C ₂ H ₅ Cl ₄	293 ₉	202 ₉	28 ₉₅	7075	0 ₃₇₇	0 ₂₆₁₅	100580	93952	7 ₉₀	2 ₃₂₂₁
12	C ₂ HCl ₅	354 ₃	184 ₈	27 ₂₇	6776	0 ₃₈₂	0 ₂₇₃₀	108480	109210	—0 ₄₇	3 ₂₆₈₀
13	C ₂ H ₅ CN	96 ₂	354 ₇	39 ₁₆	9055	0 ₃₈₄	0 ₁₉₁₅	63040	57665	9 ₃₂	1 ₃₂₆₀
14	(CH ₂) ₂ (OH) ₂	108 ₁₅	333 ₀	38 ₉₄	8576	0 ₁₉₃	0 ₁₉₂₆	63570	45910	38 ₁₆	1 ₁₇₀₈
15	(CH ₂) ₂ Br ₂	329 ₁₀	191 ₈	33 ₄₆	5728	0 ₅₃₄	0 ₂₂₁₀	79750	76720	3 ₉₅	4 ₁₂₅₅
16	(CH ₂) ₂ Cl ₂	173 ₂	264 ₃	35 ₅₅	7436	0 ₅₁₈	0 ₂₁₁₀	72890	63436	14 ₉₀	2 ₃₇₆₂
17	C ₂ H ₅ Cl ₃	233 ₆	227 ₃	31 ₈₅	7146	0 ₅₄₈	0 ₂₅₃₅	86000	78694	9 ₂₈	2 ₁₇₁₃
18	C ₂ H ₅ Cl ₄	293 ₉	202 ₉	29 ₉₈	6837	0 ₅₆₇	0 ₂₅₂₇	95580	93952	1 ₇₈	3 ₃₇₄₉
19	(CH ₂) ₂ SCl ₂	229 ₂	229 ₅	32 ₉₄	7172	0 ₅₄₆	0 ₂₂₄₁	85240	78766	8 ₂₂	2 ₃₅₈₀
20	(CH ₂) ₂ O	77 ₁₀	396 ₄	49 ₀₂	8087	0 ₄₄₁	0 ₁₅₃₀	45050	33345	23 ₄₁	1 ₁₇₀₂₂
21	(CH ₂) ₂ (SH) ₂	104 ₁₅	271 ₂	34 ₆₉	7818	0 ₅₃₇	0 ₂₁₆₂	76700	69580	20 ₁₄	2 ₁₄₄₇
22	C ₂ H ₅ I	273 ₁₀	210 ₁₅	35 ₇₃	5892	0 ₅₁₇	0 ₂₀₈₀	72360	75035	—3 ₅₆	3 ₁₇₇₂₈
23	C ₂ H ₅ .HISO ₄	220 ₁₅	234 ₃	31 ₄₁	7450	0 ₅₅₂	0 ₂₂₉₈	87800	74280	18 ₂₈	2 ₃₁₁₄
24	C ₂ H ₅ .SCN	152 ₁₅	281 ₇	33 ₉₂	8304	0 ₅₃₁	0 ₂₂₁₁	78210	60775	28 ₆₀	1 ₁₉₁₉
25	C ₂ H ₅ .SH	108 ₁₅	333 ₆	37 ₄₃	8923	0 ₅₀₅	0 ₂₀₀₁	67470	48250	40 ₄₅	1 ₁₆₈₁
26	C ₂ H ₅ .CNS	152 ₁₅	282 ₅	34 ₂₃	8237	0 ₅₂₈	0 ₂₁₉₁	77160	60775	26 ₉₅	1 ₁₉₇₂₇
27	C ₂ H ₅ .HISO ₃	192 ₁₅	250 ₇	34 ₁₂	7348	0 ₅₂₉	0 ₂₁₃₈	76120	67735	12 ₅₈	2 ₃₂₉₈
28	(C ₂ H ₅) ₂ S	167 ₁₅	277 ₁₂	29 ₉₈	9531	0 ₃₇₃	0 ₂₂₇₉	98530	75600	30 ₉₃	1 ₁₅₈₈
29	CH ₃ .COH	77 ₁₀	396 ₄	45 ₅₁	8711	0 ₅₃₈	0 ₁₆₄₅	50330	39845	48 ₇₁	1 ₁₃₂₉
30	C ₂ H ₅ .OH	80 ₁₅	387 ₇	43 ₉₁	8829	0 ₅₆₆	0 ₁₇₀₈	53110	39415	34 ₇₅	1 ₁₅₁₇
31	(C ₂ H ₅) ₂	143 ₁₅	290 ₂	27 ₀₃	10736	0 ₅₈₄	0 ₂₂₇₂	100850	76480	43 ₉₃	1 ₁₃₉₈
32	C ₂ H ₅ .OH	101 ₁₅	345 ₈	40 ₉₂	8627	0 ₅₈₈	0 ₁₈₇₄	61020	47520	28 ₄₁	1 ₁₆₂₄
33	C ₂ H ₅ .NH ₂	99 ₁₇	348 ₄	40 ₂₈	8649	0 ₅₈₇	0 ₁₈₆₂	60420	53015	13 ₉₇	1 ₁₅₀₂
34	C ₂ H ₅ Br	211 ₁₇	239 ₁₁	34 ₆₁	6908	0 ₅₂₅	0 ₂₁₆₇	75870	62925	20 ₅₇	2 ₁₇₉₀₃
35	C ₂ H ₅ Cl	133 ₁₈	300 ₇	35 ₃₀	8496	0 ₅₁₉	0 ₂₁₁₉	78360	56283	30 ₉₄	1 ₁₆₂₉
36	C ₂ H ₅ CN	117 ₁₂	321 ₁₃	35 ₄₈	9057	0 ₅₁₉	0 ₂₁₁₄	73140	65770	11 ₂₀	2 ₁₈₀₂₅
37	(C ₂ H ₅) ₂ (OH) ₂ O	231 ₁₀	228 ₁₉	28 ₉₁	8172	0 ₅₈₃	0 ₂₅₇₈	104270	101535	2 ₆₉	2 ₁₁₅₄
38	C ₂ H ₅ I	294 ₁₀	202 ₉	32 ₃₃	6257	0 ₅₄₃	0 ₂₂₃₃	83710	83140	0 ₆₃	3 ₁₃₁₂₂
39	C ₂ H ₅ CNS	173 ₁₂	264 ₃	30 ₉₄	8543	0 ₅₅₆	0 ₂₄₂₄	89790	68880	30 ₃₆	1 ₁₀₂₅₀
40	CHO.OH	80 ₁₅	387 ₇	50 ₂₉	7718	0 ₅₃₆	0 ₁₄₉₃	43390	26665	62 ₇₂	1 ₁₈₈₅₃
41	CHO ₂ .C ₂ H ₅	129 ₁₅	308 ₇	35 ₆₂	8510	0 ₅₁₆	0 ₂₀₈₈	71750	54015	32 ₈₄	1 ₁₆₀₄₅
42	CClO ₂ .C ₂ Cl ₃	491 ₁₀	150 ₁₉	21 ₈₈	7171	0 ₅₆₁	0 ₃₄₂₈	151000	145563	3 ₇₄	3 ₂₅₃₄
43	CHO ₂ .C ₂ H ₁₁	208 ₁₀	244 ₁₁	25 ₂₇	9661	0 ₅₁₃	0 ₂₀₆₈	121620	95040	27 ₉₆	1 ₁₆₆₉₂
44	CHO ₂ .CH ₃	105 ₁₀	333 ₁₀	41 ₁₆	8247	0 ₅₁₂	0 ₁₈₂₂	58490	40940	44 ₉₉	1 ₁₇₈₅₂
45	NH ₃	29 ₁₈	627 ₁₉	70 ₄₂	8916	0 ₃₀₈	0 ₁₀₆₅	26150	15560	68 ₉₆	1 ₁₁₃₇
46	(C ₂ H ₁₁) ₂	245 ₁₅	220 ₇	19 ₃₆	11898	0 ₅₉₄	0 ₂₆₇₈	175120	142820	23 ₉₅	1 ₁₄₁₉₀
47	(C ₂ H ₁₁) ₂ .O	278 ₁₅	209 ₁₂	19 ₀₅	10981	0 ₇₀₈	0 ₃₉₃₇	185850	148815	24 ₈₆	1 ₁₄₈₇₈
48	C ₂ H ₁₁ .OH	154 ₁₀	280 ₁₁	29 ₀₇	9643	0 ₅₇₃	0 ₂₃₈₀	98580	80440	22 ₅₅	1 ₁₅₀₂₂

Die Verhältnisse der Flüssigkeiten und ihrer Luftform.

1.	2.	3.					4.				
		Flüssigkeit.					Luftform.				
No	N a m e	Frier- grad	Siede- grad	Raum- ge- wicht	bei °C	Korb- bälle in 15 Tril- lionen	Dichte der Luft	Ge- wicht von 15mm Mil- lionen Gramm	Raum gegen aus- sigen Zu- stand	Die Bälle bilden Mil- lionen des Raum- es	
49	Amylbenzol		193°	0,658	12°	3,216	5,035	6,511	131,9	3917	
50	Amylbromur		121°	1,1217	16°	4,224	5,138	6,614	168,8	3084	
51	Amylchlorur		102°	0,878	20°	4,084	3,021	4,686	186,7	2780	
52	Amylcyanur		146°	0,808	20°	4,747	3,301	4,268	188,8	2758	
53	Amylen		35°	0,650	18°	5,380	2,281	3,080	214,0	2433	
54	Amylenalkohol	-15°	177°	0,667		5,423	3,538	4,375	215,7	2414	
55	Amylsulphhydrat		117°	0,833	21°	4,588	3,538	4,375	182,5	2853	
56	Amylnitret		240°	0,818	18°	3,015	5,920	7,655	119,9	4342	
57	Amylitol		213°	0,861	9°	3,048	5,511	7,127	121,2	4295	
58	Amylwasserstoff		30°	0,628	18°	4,084	2,440	3,168	198,3	2626	
59	Anilin	-8°	182°	1,0361		6,372	3,161	4,085	253,5	2054	
60	Anisaldehyd		254°	1,06	20°	4,890	4,427	5,883	182,2	2858	
61	Anisöl		152°	0,991		5,243	3,674	4,751	208,6	2496	
62	Benzen		223°	0,8114		2,501	7,078	9,151	99,6	5228	
63	Benzaldehyd		180°	1,043		5,623	3,606	4,663	223,8	2328	
64	Benzoefauereather		213°	1,055	10°	3,965	5,171	6,887	157,8	3300	
65	Benzoefauere Amylather		261°	0,993	14°	2,955	6,532	8,147	117,6	4420	
66	Benzol	0°	81°	0,809	0°	6,588	2,614	3,431	262,0	1987	
67	Benzoylchlorid		198°	1,214	10°	4,937	4,750	6,182	196,4	3043	
68	Benzylalkohol		206°	1,063		5,624	3,674	4,751	223,7	2327	
69	Benzylamin		183°	0,99		5,286	3,641	4,709	210,13	2476	
70	Benzylchlorid		176°	1,117		5,045	4,204	5,566	200,7	2504	
71	Borborimid		90°	2,09		6,123	8,540	11,046	243,6	2138	
72	Borchlorid		17°	1,35	12°	6,566	3,997	5,189	261,2	1993	
73	Borfluorid			2,335		19,748	2,313	2,982	785,5	663	
74	Boräthyl			0,69		4,023	3,334	4,311	160,4	3254	
75	Brom	-24°	63°	2,97	15°	10,807	5,488	7,040	418,8	1234	
76	Butterfauereäther		115°	0,904		4,153	3,846	5,100	177,1	2839	
77	Butterfauere Amylather		176°	0,882		3,081	5,375	6,951	122,6	4248	
78	Butterfauere Methylather		96°	0,908		5,002	3,470	4,487	202,8	2570	
79	Butterfauere Butylather		149°	0,872		3,460	4,899	6,535	137,6	3783	
80	Butylalkohol		99°	0,827		6,286	2,518	3,256	251,0	2050	
81	Butylalkohol flo-		108°	0,808	17°	6,216	2,516	3,256	247,3	2106	
82	Butylbromur		88°	1,27	16°	5,296	4,662	6,028	210,7	2472	
83	Butyleyanur		125°	0,81		5,875	2,825	3,553	221,8	2348	
84	Butyljodur		120°	1,226		5,050	6,260	8,095	200,2	2592	
85	Butyral		95°	0,82	22°	6,508	2,446	3,168	258,9	2011	
86	Butyron		144°	0,83		4,180	3,678	5,015	165,5	3146	
87	Caprinylmethylur	-2°	228°	0,53		2,780	5,781	7,478	111,0	4692	
88	Capronfauere	-10°	203°	0,522		4,543	3,916	5,103	180,7	2882	
89	Cardol			0,978	23°	1,780	10,682	13,814	708,0	7355	
90	Carven		173°	0,861	15°	3,618	4,627	5,940	143,9	3618	
91	Carvol		225°	0,933	15°	3,630	5,103	6,389	144,4	3605	
92	Cetylchlorur		200°	0,84		1,843	8,863	11,161	738,0	7104	
93	Chinolin		238°	1,081	10°	4,788	4,380	5,676	190,4	2734	
94	Chlor			1,33		10,709	2,450	3,168	419,8	1222	
95	Chlorstickstoff		70°	1,468		7,843	4,008	5,208	311,9	1669	
96	Chlorwasserstoff			1,27		19,875	1,2422	1,608	790,6	6586	

Die Verhältnisse der Korbhülle.

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
No.	Formel, Gewicht und Bewegung.					Ballgröße.					
	Chemische Formel	Gewicht (Quadril-Hontel Gramm)	Schnell- ligkeit in Metern	Weg- lange in Mil- lionen mm	Stöße in ein- er Se- kunde Mil- lionen	Durch- messer Mil- lionen mm	Quer- schnitt Bit- Hontel (mm) ²	Rauminhalt der Ver- bin- dung Qua- dril- Hontel (mm) ³	ein- zelnen Körbe Qua- dril- Hontel (mm) ³	Ver- bin- dung Hun- dertel mehr	Raum- ge- wicht des Balles
49	$C_2H_{11} \cdot C_6H_5$	259.0	226.3	21.20	10179	0.471	0.2332	157880	133715	18.07	1.6405
50	$C_5H_{11}Br$	264.3	214.0	25.03	8547	0.617	0.2996	123380	95845	28.73	2.1421
51	$C_5H_{11}Cl$	186.4	254.8	26.73	9515	0.397	0.2901	111540	89203	25.01	1.6712
52	$C_5H_{11}CN$	169.6	266.3	27.03	9876	0.596	0.2781	110310	83390	32.26	1.5393
53	C_5H_{10}	122.5	314.3	29.32	10719	0.71	0.2558	97330	68375	42.35	1.2386
54	$C_5H_{10}(OH)_2$	182.0	257.38	29.38	8740	0.509	0.2444	96550	86985	11.06	1.8850
55	$C_5H_{11}SH$	182.0	257.38	26.36	9781	0.602	0.2515	114120	89275	27.83	1.5948
56	$(C_5H_{11})_2S$	304.5	199.3	19.33	10004	0.392	0.3764	176880	157050	10.17	1.7532
57	$C_5H_{11} \cdot C_7H_7$	283.5	206.6	20.67	10291	0.390	0.3738	171810	147390	16.57	1.6501
58	$C_5H_{11}H$	136.0	309.9	27.56	11123	0.585	0.2693	105050	73945	42.06	1.1985
59	$C_6H_5NH_2$	102.6	277.38	33.32	8311	0.539	0.2295	82170	75390	9.08	1.9789
60	$C_6H_4 \cdot OCH_3 \cdot OCH_3$	238.0	225.5	26.33	8582	0.502	0.2818	114330	100110	14.20	2.0171
61	$C_6H_5 \cdot OCH_3$	189.0	253.30	28.32	8778	0.576	0.2602	99860	85510	16.78	1.8927
62	$C_{15}H_{23}$	364.9	182.3	17.41	10354	0.736	0.3279	209120	199555	4.79	1.7406
63	$C_6H_5 \cdot OCH_3$	185.5	255.34	30.15	8459	0.562	0.3181	93120	79940	16.49	1.8920
64	$C_6H_5 \cdot CO_2 \cdot C_2H_5$	266.0	213.3	23.32	8915	0.432	0.3145	132020	113785	16.03	2.0141
65	$C_6H_5 \cdot CO_2 \cdot C_2H_{11}$	336.0	189.3	19.46	9650	0.697	0.3814	177170	154810	14.44	1.8985
66	C_6H_6	186.5	297.7	33.36	8873	0.531	0.2235	79500	65340	21.88	1.7170
67	$C_6H_5 \cdot COCl$	245.9	221.3	27.33	8012	0.587	0.2709	121740	95198	28.90	2.0189
68	$C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot OH$	189.0	253.30	30.21	8377	0.552	0.2483	93100	85510	8.88	2.0300
69	$C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot NH_2$	187.3	254.2	28.38	8770	0.574	0.2388	99060	89005	11.30	1.8908
70	$C_6H_5 \cdot CH_2Cl$	221.4	233.6	28.09	8922	0.583	0.2670	103780	94273	10.08	2.1339
71	BBr_3	439.3	166.0	11.35	5194	0.537	0.2217	85510	81238	5.26	5.1374
72	BCl_3	205.6	242.5	38.38	7246	0.534	0.2210	79740	61312	30.08	2.3784
73	BF_3	119.0	318.39	69.77	4571	0.370	0.1075	26510	24583	7.84	4.8889
74	$B(C_2H_5)_3$	171.5	265.38	24.15	10997	0.629	0.3105	130140	97588	3.36	1.9178
75	Br_2	280.0	205.304	40.11	4466	0.455	0.1627	49370	49370	0.00	5.6726
76	$C_4H_7 \cdot O_2 \cdot C_2H_5$	203.0	244.1	25.34	9147	0.609	0.2602	117580	95040	23.71	1.7285
77	$C_4H_7 \cdot O_2 \cdot C_2H_{11}$	276.5	209.2	20.22	10345	0.687	0.3709	169930	136085	24.89	1.9272
78	$C_4H_7 \cdot O_2 \cdot CH_3$	178.5	260.31	28.37	9210	0.591	0.2673	102820	81366	26.37	1.7360
79	$C_4H_7O_2 \cdot C_4H_9$	252.0	219.1	21.35	10080	0.661	0.3433	151320	122390	23.61	1.8653
80	$CH_3(CH_2)_3 \cdot OH$	120.5	305.7	32.87	9301	0.530	0.2287	81990	66765	22.80	1.5795
81	$C(H)(CH_3)_2 \cdot CH_2 \cdot OH$	129.5	305.7	32.23	9468	0.544	0.2232	84230	66765	26.18	1.5374
82	$(CH_3)_2 \cdot CH_2 \cdot CHBr$	239.6	224.6	23.00	7746	0.574	0.2385	98870	79385	24.54	2.3235
83	$(CH_3)_2CH_2 \cdot CHCN$	145.5	288.6	30.33	9612	0.588	0.2498	99920	70010	34.15	1.5471
84	$(CH_3)_2CH_2 \cdot CH_3$	322.0	199.18	23.11	6896	0.583	0.2698	103690	99600	4.11	3.1051
85	$(CH_3)_2O$	126.0	309.39	33.29	9309	0.536	0.2233	80450	61195	31.46	1.5682
86	$(C_2H_7)_2 \cdot CO$	199.5	246.3	24.70	9969	0.622	0.3936	125850	102220	23.11	1.5892
87	$C_9H_{19} \cdot CO \cdot CH_3$	297.5	201.7	18.33	10657	0.710	0.3963	187080	150920	19.60	1.5852
88	$(C_2H_5)_2O_2$	203.0	244.4	26.18	9323	0.604	0.2864	115280	95040	21.30	1.7810
89	$(C_2H_{10})_2 \cdot O_2$	549.5	148.4	13.02	10581	0.825	0.5318	294200	26745	10.29	1.8078
90	$(C_2H_5)_2$	238.0	225.35	22.50	10020	0.631	0.3535	144740	125610	15.23	1.6443
91	$(C_2H_7)_2O$	262.5	214.7	22.26	20528	0.631	0.3325	144220	126535	13.98	1.8201
92	C_4H_9Cl	162.9	162.9	14.35	11352	0.535	0.2226	284180	239628	18.60	1.6043
93	C_6H_7N	225.6	231.5	27.12	8534	0.593	0.2765	109370	99645	9.76	2.0615
94	Cl_2	124.2	309.39	46.39	6079	0.554	0.1617	48900	48900	0.00	2.15400
95	NCl_3	210.8	239.6	37.89	6357	0.503	0.1990	66770	61334	8.86	3.1871
96	HCl	63.9	435.2	70.09	6208	0.369	0.1070	26345	20823	26.49	2.4225

Die Verhältnisse der Flüssigkeiten und ihrer Luftform.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	
		Flüssigkeit.					Luftform.				
No.	N a m e	Frier-grad	Siede-grad	Raum-ge-wicht	bei 0°C	Korb-hülle in 170mm Tril-lionen	Dichte der Luft	Ge-wicht von 170mm Mil-liontel Gramm	Raum gegen flüssigen Zu-stand	Die Bälle bilden Mil-liontel des Rau-mes	
97	Coniin		163 ³ ₅	0,99		4,068	4,254	5,509	161 ⁸ ₈	3218	
98	Cumidin		225 ¹	0,95		4,020	4,594	5,930	160 ¹⁰ ₀	3256	
99	Cuminaldehyd		237 ³	0,983		3,794	5,935	6,511	151 ¹⁰ ₀	3450	
100	Cyan Di-	-34 ¹	-21 ⁰	0,866		9,517	1,769	2,288	382 ¹¹ ₁	1732	
101	Cyanwasserstoffsäure	-15 ¹	26 ⁰	0,706	7 ⁰	1,493	0,9195	1,89	593 ¹⁷ ₇	877	
102	Cymol		175 ¹	0,878		3,744	4,559	5,865	148 ¹⁹ ₉	3466	
103	Epibromhydrin		138 ⁰	1,015	14 ¹	6,735	4,662	6,028	267 ¹⁹ ₉	1944	
104	Epichlorhydrin		119 ³	1,1		7,412	3,147	4,070	294 ¹⁸ ₈	1766	
105	Essigsäure	16 ⁰	118 ¹	1,053		10,050	2,011	2,640	409 ¹¹ ₁	1302	
106	Essigflüureäther		74 ⁰	0,904	17 ¹	5,870	2,094	3,971	233 ¹⁰ ₀	2230	
107	Eucalyptol		175 ⁰	0,905	8 ¹	2,910	6,124	7,919	114 ¹³ ₃	4452	
108	Euodulwasserstoff		180 ¹	0,766	16 ⁰	2,866	5,133	6,879	111 ¹⁵ ₅	4865	
109	Eupion		47 ⁰	0,655	20 ¹	2,858	4,491	5,897	112 ¹⁸ ₈	4016	
110	Gallium	30 ¹		6,06		24,805	4,83	6,246	970 ¹⁰ ₀	522	
111	Glycerin	-40 ¹		1,261	17 ¹ ₅	7,822	3,130	4,047	311 ¹⁶ ₆	1671	
112	Glycerindifluhydrat			1,29		6,825	3,674	4,751	271 ¹⁵ ₅	1918	
113	Glycerindifluhydrat			1,34		6,175	4,216	5,455	245 ¹⁶ ₆	2120	
114	Glycerintrifluhydrat			1,39		5,673	4,563	6,159	225 ¹⁷ ₇	2307	
115	Glyceryloxybromid		219 ¹	2,11	18 ⁰	7,777	5,127	6,829	309 ¹⁴ ₄	1683	
116	Glyceryloxychlorür		227 ¹	1,31		6,773	3,760	4,862	269 ¹⁴ ₄	1932	
117	Glyceryloxychlorid		174 ⁰	1,37		6,397	4,399	5,849	242 ¹⁵ ₅	2141	
118	Glyceryldinitrichlorür		151 ¹	1,45	9 ¹	4,306	6,821	8,921	171 ¹³ ₃	3040	
119	Glycerylnitrichlorid		180 ¹	1,405	10 ¹	4,311	5,920	7,655	191 ¹⁴ ₄	2721	
120	Glyceryloxyjodid	-16 ⁰		2,4		4,396	10,514	13,726	174 ¹⁸ ₈	2978	
121	Hexan		71 ¹ ₅	0,663	17 ¹	4,405	2,920	3,783	175 ¹² ₂	2971	
122	Hexylalkohol		167 ⁰	0,819	23 ¹	4,588	3,470	4,487	182 ¹⁵ ₅	2853	
123	Hexylamin		126 ⁰	0,768	17 ⁰	4,844	3,437	4,445	172 ¹⁶ ₆	3019	
124	Kapnomor		185 ⁰	0,877	20 ¹	3,797	5,002	6,521	151 ¹⁰ ₀	3447	
125	Kieselbromid	-12 ⁰	158 ⁰	2,81		4,814	11,539	15,810	183 ¹⁵ ₅	2837	
126	Kieselchlorid		59 ⁰	1,42		5,111	5,762	7,476	208 ¹³ ₃	2561	
127	Kieselhydrürtrichlorid		35 ⁰	1,65		6,959	4,809	5,900	276 ¹⁸ ₈	1881	
128	Kieselsäureäther		166 ¹ ₅	0,863		2,701	7,076	9,151	107 ¹⁴ ₄	4847	
129	Kohlenflüureäther		128 ⁰	0,075	19 ¹	4,722	4,014	5,191	187 ¹⁶ ₆	2772	
130	Kohlenstoffchlorid		122 ¹	1,62	10 ¹	5,879	5,646	7,300	221 ¹⁹ ₉	2346	
131	Kohlenstoffsuperechlorid		77 ⁰	1,56		5,781	5,237	6,773	230 ¹³ ₃	2260	
132	Kohlenfulfid		43 ¹ ₃	1,272		9,504	2,553	3,343	380 ¹⁴ ₄	1369	
133	Kreosol		219 ¹	1,80		7,826	4,685	6,071	311 ¹³ ₃	1673	
134	Leinölflüure			0,921	14 ¹	2,068	8,553	11,061	83 ²⁷ ₇	6208	
135	Methyläther			1,417		20,00	1,5350	2,024	799 ¹⁰ ₀	652	
136	Methyläthylketon		81 ⁰	0,8125		6,446	2,445	3,168	256 ¹⁵ ₅	2030	
137	Methylalkohol		66 ⁰	0,8143		14,541	1,089	1,408	578 ¹⁴ ₄	900	
138	Methylbromür		13 ¹	1,464		10,000	3,233	4,181	398 ¹⁰ ₀	1308	
139	Methylbutylketon		127 ¹	0,8298		4,742	3,402	4,399	188 ¹⁶ ₆	2781	
140	Methylenjodid	-2 ⁰	182 ⁰	3,342	5 ⁰	7,126	9,117	11,790	283 ¹⁵ ₅	1837	
141	Methylhexylketon		171 ¹	0,815		3,852	4,353	5,691	145 ¹³ ₃	3584	
142	Methyljodür		43 ⁰	2,199		8,849	4,831	6,247	352 ¹⁰ ₀	1479	
143	Methylpropylketon		100 ⁰	0,8087		5,735	2,926	3,783	213 ¹⁷ ₇	2436	
144	Methylpseudopylketon		98 ⁰ ₁₅	0,9069	13 ¹	5,881	2,926	3,768	214 ¹⁴ ₄	2432	

Die Verhältnisse der Korbbälle.

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
No.	Formel, Gewicht und Bewegung.					Ballgröße.					
	Chemische Formel	Gewicht Quadril- lontel Gramm	Schnel- ligkeit in Metern	Weg- länge in Mil- lontel mm	Stöße in einer Se- kunde Mil- lonten	Durch- messer Mil- lontel mm	Quer- schnitt Bil- lontel (mm) ²	Rauminhalte Ver- bin- dung Qua- dril- lontel (mm) ³	ein- zelnen Körbe Qua- dril- lontel (mm) ³	Ver- bin- dung Hun- dertel mehr	Raum- ge- wicht des Balles
97	$C_6H_{14}NH$	218 ₁₈	235 ₂	24 ₃₄	9664	0,626	0,3082	128720	113820	13 ₀₉	1,6998
98	$C_6H_2(CH_3)_3NH_2$	236 ₃	226 ₈	24 ₁₅	9371	0,629	0,3106	130240	116355	11 ₀₀	1,8143
99	$C_6H_4 \cdot CHO \cdot C_3H_7$	259 ₁₀	210 ₁₁	23 ₂₃	9303	0,641	0,3228	137990	120965	14 ₀₇	1,8774
100	$(CN)_2$	91 ₁₀	304 ₆	42 ₉₈	8504	0,472	0,1749	55060	30620	79 ₈₂	1,3137
101	CNH	47 ₁₃	159 ₁₀	57 ₈₇	2764	0,406	0,1286	35080	18095	93 ₈₇	1,3484
102	$C_6H_4 \cdot CH_3 \cdot C_3H_7$	234 ₁₅	227 ₁₂	23 ₁₀₃	9865	0,644	0,3237	139850	120040	16 ₃₀	1,6768
103	C_3H_5BrO	239 ₁₈	224 ₁₆	34 ₁₀₆	6596	0,530	0,2202	77750	69420	12 ₀₀	3,0643
104	C_3H_5ClO	161 ₁₉	273 ₁₄	36 ₃₀	7531	0,513	0,2665	70640	62778	12 ₅₂	2,2920
105	$C_2H_3O_2 \cdot OH$	105 ₁₀	339 ₁₅	44 ₁₄₈	7631	0,463	0,1686	52100	46835	11 ₂₄	2,0153
106	$C_2H_3O_2 \cdot C_2H_5$	154 ₁₀	280 ₁₃	31 ₁₀₇	9022	0,554	0,2414	89200	67690	31 ₇₈	1,7265
107	$(C_3H_5)_4O$	315 ₁₀	196 ₁₀	19 ₁₆₀	10001	0,698	0,3927	178100	159455	11 ₀₉	1,7687
108	$C_{11}H_{21}$	273 ₁₀	210 ₁₄	19 ₁₆₀	11077	0,709	0,3948	186610	155995	19 ₀₂	1,4645
109	C_3H_{12}	231 ₁₀	228 ₁₉	20 ₁₀₃	11425	0,690	0,3744	184660	73945	149 ₇₂	1,2310
110	Ga_2	244 ₁₃	218 ₁₃	81 ₂₂	2688	0,348	0,0923	21110	21110	0 ₀₀	11,57
111	$C_3H_5 \cdot (OH)_3$	161 ₁₀	274 ₁₂	37 ₁₆₇	7278	0,503	0,1991	66850	60080	1 ₁₇	2,4084
112	$(C_3H_5) \cdot (CH)_2 \cdot SH$	189 ₁₀	253 ₁₀	34 ₁₉₈	7365	0,527	0,2183	76710	78135	-1 ₈₂	2,4638
113	$C_3H_5 \cdot OH \cdot (SH)_2$	217 ₁₀	236 ₁₁	32 ₁₁₅	7847	0,545	0,2333	84790	92585	-8 ₃₂	2,5593
114	$C_3H_5 \cdot (SH)_3$	245 ₁₀	222 ₁₂	30 ₁₃₈	7316	0,501	0,2048	92290	83750	10 ₂₀	2,6542
115	$C_3H_5 \cdot OH \cdot Br_2$	271 ₁₃	211 ₁₂	37 ₁₄₈	5035	0,505	0,2001	67320	96890	-30 ₃₂	4,0300
116	$C_3H_5 \cdot (OH)_2Cl$	193 ₁₄	250 ₁₁	34 ₁₁₈	7317	0,529	0,2194	77300	74843	3 ₂₈	2,5020
117	$C_3H_5 \cdot OH \cdot Cl_2$	224 ₁₇	232 ₁₁	31 ₈₇	7280	0,547	0,2533	85880	83006	2 ₇₂	2,6104
118	$C_3H_5 \cdot (NO_3)_2 \cdot Cl$	350 ₁₉	189 ₁₇	25 ₂₉	7346	0,615	0,2697	121600	109663	10 ₈₈	2,8857
119	$C_3H_5 \cdot NO_3 \cdot Cl_2$	304 ₁₅	199 ₁₃	27 ₁₂₁	7325	0,592	0,2756	108830	101016	7 ₇₄	2,7980
120	$C_3H_5 \cdot OH \cdot J_2$	540 ₁₀	148 ₁₉	25 ₁₆₂	5810	0,610	0,2927	119110	137320	-13 ₂₆	4,5840
121	$C_6H_{13} \cdot H$	150 ₁₅	283 ₁₅	25 ₁₆₇	11047	0,610	0,2822	118860	87690	35 ₆₅	1,2662
122	C_6H_{15}	178 ₁₅	260 ₁₄	26 ₁₃₇	9873	0,602	0,2844	114120	84115	39 ₈₇	1,5612
123	$C_6H_{13} \cdot NH_2$	176 ₁₈	261 ₁₆	25 ₁₄₂	10290	0,613	0,2930	120540	97610	23 ₃₈	1,4687
124	$C_{10}H_{11}O$	257 ₁₃	216 ₁₉	23 ₁₂₄	9331	0,641	0,3227	137900	118180	16 ₈₈	1,8659
125	$SiBr_4$	609 ₁₀	141 ₁₀	26 ₁₄₆	5326	0,601	0,2834	113480	118420	-4 ₁₇	5,3668
126	$SiCl_4$	297 ₁₄	201 ₁₇	28 ₁₃₃	7119	0,581	0,2647	102450	91862	11 ₅₄	2,9029
127	$SiHCl_3$	237 ₁₁	225 ₁₉	34 ₁₈₀	6491	0,524	0,2155	75240	76594	-1 ₇₆	3,1512
128	$SiO_4(C_2H_5)_4$	364 ₁₀	182 ₁₃	18 ₁₅₂	9846	0,718	0,3050	193890	166200	16 ₈₆	1,8772
129	$(C_2H_5)_2CO_3$	200 ₁₅	242 ₁₁	26 ₁₆₇	9008	0,596	0,2791	110900	87860	26 ₂₂	1,8620
130	C_2Cl_4	290 ₁₄	204 ₁₁	30 ₁₀₄	6796	0,564	0,2497	93860	88382	6 ₂₀	3,0940
131	CCl_4	289 ₁₄	211 ₁₉	30 ₁₇₈	6884	0,557	0,2426	90420	80277	12 ₆₃	2,9796
132	CS_2	133 ₁₀	301 ₁₆	43 ₁₉₈	7010	0,471	0,1743	54750	38765	41 ₂₄	2,4292
133	$C_3H_5(CH_3)_2O \cdot OH$	241 ₁₅	223 ₁₈	37 ₁₆₅	5945	0,504	0,1992	66910	105680	-36 ₈₈	3,6083
134	$C_{18}H_{28}O_2$	441 ₁₀	165 ₁₈	15 ₁₉₀	10629	0,782	0,3607	250720	220650	19 ₈₃	1,7590
135	$(CH_3)_2O$	80 ₁₅	387 ₁₇	70 ₁₅₆	5495	0,268	0,1083	26067	39415	-33 ₅₅	3,0684
136	$CH_3 \cdot CO \cdot C_3H_5$	126 ₁₀	309 ₁₉	33 ₁₀₆	9367	0,537	0,2267	81200	61195	32 ₆₉	1,5517
137	$CH_3 \cdot OH$	56 ₁₀	464 ₁₈	56 ₁₉₀	8169	0,410	0,1318	36010	25740	39 ₉₀	1,5852
138	CH_3Br	166 ₁₀	269 ₁₇	44 ₁₂₅	6082	0,464	0,1691	52330	41145	27 ₁₃	3,1780
139	$CH_3 \cdot CO \cdot C_4H_9$	179 ₁₀	262 ₁₉	26 ₁₉₅	9757	0,595	0,2788	110430	88545	24 ₇₂	1,5847
140	CH_3J	469 ₁₀	160 ₁₆	35 ₁₃₆	4542	0,520	0,2121	73480	103475	-28 ₉₉	6,9342
141	$CH_3 \cdot CO \cdot C_6H_{13}$	224 ₁₀	232 ₁₄	22 ₁₆₄	10264	0,619	0,3612	143350	115895	23 ₆₉	1,8028
142	CH_3J	248 ₁₅	220 ₁₇	40 ₁₈₅	5402	0,463	0,1896	59170	61860	-3 ₅₇	4,1998
143	$CH_3 \cdot CO \cdot C_3H_7$	150 ₁₅	283 ₁₅	29 ₁₉₀	9678	0,571	0,2560	97440	74870	30 ₁₄	1,5445
144	$(CH_3)_3 \cdot CO \cdot CH$	160 ₁₅	283 ₁₅	29 ₁₉₂	9671	0,571	0,2558	97300	74870	29 ₉₈	1,5468

Die Verhältnisse der Flüssigkeiten und ihrer Luftform.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	
		Flüssigkeit.					Luftform.				
No.	N a m e	Frier-grad	Siede-grad	Raum-ge-wicht	bei °C	Korb-bälle in 100 mm Tril-lionen	Dichte der Luft	Ge-wicht von 100 mm Mil-liontel Gramm	Raum gegen flus-sigen Zu-stand	Die Bälle bilden Mil-liontel des Rau-mes	
145	Methylsulfoeyanur		133°	1.0679		8.506	2.484	3.213	338.6	1539	
146	Methylsulfür		41°	0.845	21°	7.758	2.109	2.725	309.5	1681	
147	Methyldifulluret		112°	1.064		6.468	3.198	4.135	257.3	2024	
148	Milchsäure			1.215		7.666	3.081	3.985	304.9	1705	
149	Naphtalintetrahydor		205°	0.881	12.5	4.247	4.481	5.807	165.9	3082	
150	Nelkenfäure		253°	1.1073		3.739	5.579	7.215	148.7	3501	
151	Nitrobenzol		215°	1.200		5.374	4.155	5.412	221.7	2348	
152	Nitroglycerin		110°	1.6		4.027	7.573	9.955	160.2	3250	
153	Octylacetat		191°	0.83	10°	3.615	4.423	5.719	145.1	3558	
154	Methylhexylcarbinol		181°	0.823		3.615	4.423	5.719	145.9	3618	
155	Octylenalkohol		235°	0.832		3.804	4.703	6.159	151.2	3441	
156	Oenanthaldehyd		152°	0.827		4.115	3.678	5.013	164.9	3158	
157	Oenanthylcyanür		194°	0.829	13°	3.748	4.254	5.501	149.1	3493	
158	Oenanthylsäureanhydrid			0.62	11°	2.172	8.233	10.646	86.42	6025	
159	Olein Di-	15°		0.921	21°	0.815	21.871	28.225	32.46	15183	
160	Olein Mono-	15°		0.917	21°	1.521	12.111	15.649	60.47	8611	
161	Oxalfäureäther		186°	1.09	7°	4.268	4.967	6.423	101.7	3008	
162	Pelargylwasserstoff		136°	0.741	15°	3.368	4.355	5.631	131.6	3957	
163	Pentan		37°	0.626	17°	4.968	2.450	3.165	197.6	2635	
164	Pentylsäure		184°	0.958		5.967	3.470	4.457	213.5	2439	
165	Phenol	36°	184°	1.066		4.450	3.198	4.135	257.5	2020	
166	Phenolpropyläther		190°	0.965	20°	4.067	4.827	5.963	161.5	3218	
167	Phlorol		220°	1.067		4.557	4.151	5.367	185.2	2695	
168	Phosphorbromür		175°	2.925		6.167	9.215	11.816	245.3	2122	
169	Phosphorchlorür		78°	1.61		6.682	4.677	6.049	268.2	1956	
170	Phosphoroxchlorid	-10°	110°	1.7	12°	6.330	5.222	6.752	399.0	2068	
171	Phosphorsäure		180°	1.58		10.962	3.334	4.310	436.1	1194	
172	Phosphorfulochlorid		124°	1.63	22°	5.496	5.766	7.150	218.6	2382	
173	Propargyläther		81°	0.83	7°	5.615	2.538	3.636	224.6	2319	
174	Propargylalkohol		114°	0.963	21°	9.527	1.905	2.364	390.9	1332	
175	Propargylbromid		88°	1.52	20°	7.297	4.049	5.237	290.3	1794	
176	Propion		100°	0.913	20°	5.402	2.426	3.783	214.9	2423	
177	Propionaldehyd		49°	0.914	17°	7.921	1.973	2.552	315.1	1652	
178	Propionsäure		140°	0.992	16°	7.660	2.115	3.256	304.7	1709	
179	Propylalkohol		97°	0.813	13°	7.743	2.041	2.840	309.0	1890	
180	Propylalkohol Ifo-		85°	0.971	15°	9.248	2.041	2.690	367.9	1415	
181	Propylbromür		71°	1.333		6.147	4.185	5.412	256.4	2030	
182	Propylbromür Ifo-		61°	1.32		6.131	4.185	5.412	243.9	2135	
183	Propylehlorür Ifo-		37°	0.874		6.368	2.651	3.454	273.0	2055	
184	Propylenalkohol		188°	1.091		7.902	2.555	3.313	314.3	1656	
185	Propyljodür		102°	1.752		5.990	5.783	7.479	238.3	2185	
186	Propyljodür Ifo-		89°	1.73		5.815	5.783	7.479	231.3	2251	
187	Propylsulfür		130°	0.914	17°	3.942	4.014	5.191	156.8	3321	
188	Queck	-39° ₅	360°	13.59		38.823	6.864	8.799	1544.5	337	
189	Reinölfsäure	-6°		0.91	15°	1.603	10.138	13.110	71.7	7262	
190	Safrol		231°	1.114		3.930	5.611	7.127	156.3	3331	
191	Salicylige Säure	-20°	196°	1.473	13° ₅	5.494	4.151	5.367	218.5	2382	
192	Salpetersäure	-50°	86°	1.52		13.780	2.145	2.773	548.2	950	

Die Verhältnisse der Korbbälle.

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	
No.	Formel, Gewicht und Bewegung.	Chemische Formel	Ge- wicht (qua- dril- lionel Gramm)	Schnel- ligkeit in Metern	Weg- länge in Mil- liontel mm	Stöße in einer Se- kunde Mil- lionen	Durch- messer Mil- liontel mm	Quer- schnitt Bil- liontel (mm) ²	Ballgröße.			Raum- ge- wicht des Balles
									Rauminhalt der Ver- bin- dung Qua- dril- liontel (mm) ³	ein- zelnen Körbe Qua- dril- liontel (mm) ³	Ver- bin- dung Hun- dertel mehr	
145	CH ₃ SCN		127.8	307.7	39.79	7734	0.480	0.1685	61580	47100	30.70	2.0700
146	(CH ₃) ₂ S		108.5	333.9	37.52	8901	0.505	0.1999	67230	48250	39.34	1.6139
147	(CH ₃) ₂ S ₂		164.5	271.2	33.16	8180	0.537	0.2262	80950	63580	27.32	2.0308
148	CH ₃ · CHOH · COOH		158.8	276.3	37.13	7442	0.507	0.2020	68310	60510	12.89	2.3203
149	C ₁₀ H ₁₂		231.0	228.9	25.04	9140	0.618	0.2995	123300	114470	7.71	1.9735
150	C ₆ H ₅ · C ₆ H ₅ · OCH ₃ · OH		287.0	205.3	23.01	8925	0.444	0.2200	140050	127460	9.88	2.0403
151	C ₆ H ₅ NO ₂		215.3	237.1	30.02	7896	0.563	0.2498	93940	82750	13.52	2.2920
152	C ₃ H ₅ (ONO ₂) ₃		397.3	174.5	24.17	7220	0.629	0.3103	130020	118310	9.90	3.0537
153	C ₈ H ₁₈ O		227.5	230.6	22.63	10190	0.680	0.3314	143520	115895	23.84	1.5833
154	C ₈ H ₁₃ · CH ₃ · CHOH		227.15	230.6	22.50	10240	0.651	0.3333	144740	115895	24.89	1.5718
155	C ₈ H ₁₀ · (OH) ₂		245.0	222.2	23.27	9550	0.641	0.3223	137640	111250	23.72	1.7800
156	C ₈ H ₁₃ · COH		199.5	246.3	24.05	9932	0.623	0.3243	126310	102220	23.57	1.5794
157	C ₇ H ₁₃ · CN		218.8	235.2	23.01	10206	0.644	0.3255	139710	113820	22.75	1.5661
158	(C ₇ H ₁₃) ₂ O ₃		423.5	169.0	10.02	10552	0.722	0.4882	241020	205365	17.36	1.7571
159	C ₃ H ₅ (OH) ₂ (C ₁₅ H ₃₃ O ₂) ₂		1114.5	104.2	8.598	12202	1.038	0.5784	619340	558370	10.92	1.8000
160	C ₃ H ₅ (OH) ₂ C ₁₅ H ₃₃ O ₂		623.0	139.4	12.02	11040	0.970	0.6841	344460	307585	11.99	1.8086
161	C ₂ (C ₆ H ₅) ₃ O ₄		265.5	217.6	25.12	8664	0.617	0.2986	122730	102460	19.78	2.0618
162	C ₉ H ₂₁		224.0	232.4	21.20	10964	0.671	0.3239	158280	128045	23.03	1.4152
163	(CH ₃) ₂ · (CH ₂) ₃		126.0	309.0	27.61	11144	0.580	0.2697	105390	73945	42.53	1.1936
164	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH		178.5	260.4	29.27	8894	0.571	0.2662	97560	81365	19.90	1.8297
165	C ₆ H ₅ · OH		164.5	271.2	33.19	8173	0.536	0.2260	80800	71835	12.48	2.0359
166	C ₆ H ₅ · O · C ₂ H ₅		238.0	225.5	24.33	9268	0.627	0.3082	128740	112860	14.13	1.8487
167	C ₆ H ₅ · OH(CH ₃) ₂		213.5	238.1	27.38	8694	0.591	0.2739	107800	90185	8.89	1.9805
168	PBr ₃		474.0	159.8	27.53	5803	0.589	0.2724	84900	103540	18.00	5.5830
169	PCl ₃		240.6	224.3	33.01	6614	0.521	0.2212	78250	83614	6.42	3.0748
170	POCl ₃		268.6	212.2	32.05	6495	0.511	0.2205	82730	90109	8.19	3.2468
171	H ₃ PO ₄		171.5	269.6	47.11	5638	0.520	0.1892	47700	63820	25.17	3.5009
172	PCl ₃ S		296.6	202.0	29.74	6792	0.567	0.2522	95270	88944	3.71	3.1102
173	C ₃ H ₅ · O · C ₂ H ₅		147.0	286.9	30.28	9475	0.582	0.2477	92760	69300	33.65	1.5848
174	C ₃ H ₅ · OH		98.0	351.5	43.61	8021	0.467	0.1712	53290	41050	27.03	1.8930
175	C ₃ H ₅ Br		208.8	241.0	35.92	6710	0.516	0.2688	71750	57355	26.10	2.8031
176	(C ₂ H ₅) ₂ · CO		150.5	283.5	29.40	9645	0.570	0.2351	96930	74870	29.46	1.5227
177	C ₂ H ₅ · COH		101.5	345.3	37.88	9097	0.502	0.1876	66100	47520	39.10	1.5386
178	CH ₃ · CH ₂ · COOH		129.5	365.7	37.11	8237	0.507	0.1821	68350	54015	26.54	1.8947
179	CH ₃ · (CH ₂) ₂ · OH		105.0	339.5	37.87	9084	0.506	0.2007	67620	53090	27.37	1.5529
180	(CH ₃) ₂ CH · OH		105.0	339.5	42.06	8070	0.478	0.1783	56620	53090	6.05	1.8545
181	CH ₃ (CH ₂) ₂ Br		215.3	237.1	36.20	6534	0.537	0.2267	81220	68495	18.58	2.6508
182	(CH ₃) ₂ CHBr		215.3	237.1	31.98	5370	0.536	0.2345	85400	68495	24.68	2.5211
183	(CH ₃) ₂ · CH · Cl		137.4	296.3	32.81	9045	0.540	0.2286	82220	61553	32.93	1.8711
184	CH ₂ (OH) · CH ₃ · CHOH		133.0	301.8	37.88	7963	0.502	0.1880	66260	59585	11.20	2.0072
185	CH ₃ (CH ₂) ₂ J		297.5	201.7	31.50	6402	0.551	0.2361	87410	88710	1.46	3.4035
186	(CH ₃) ₂ · CH · J		297.5	201.7	30.88	6531	0.556	0.2429	90040	88710	1.50	3.3041
187	(C ₂ H ₅) ₂ S		206.5	242.1	25.83	10157	0.633	0.3107	132830	118280	12.30	1.5546
188	Hg		350.0	185.9	109.49	1698	0.265	0.0693	13490	13490	0.00	25.943
189	C ₁₆ H ₃₄ O ₃		521.5	152.3	14.30	10770	0.822	0.5303	290480	260065	11.70	1.7053
190	C ₁₀ H ₁₀ O ₂		283.5	206.6	23.76	8688	0.634	0.3154	133250	121890	9.32	2.1276
191	C ₆ H ₄ · OH · COH		213.5	238.1	29.74	8005	0.567	0.2522	95300	86435	10.51	2.2403
192	HNO ₃		110.3	331.2	54.90	6032	0.517	0.1395	38000	29475	28.92	2.9027

Die Verhältnisse der Flüssigkeiten und ihrer Luftform.

1.	2.	3. 4. 5. 6. 7.					8. 9. 10. 11.			
		Flüssigkeit.					Luftform.			
No.	N a m e	Frier-grad	Siede-grad	Raum-ge-wicht	bei °C	Korb-bälle in 16mm Tril-lionen	Dichte der Luft	Ge-wicht von 16mm Mil-liontel Gramm	Raum gegen flüs-sigen Zu-stand	Die Bälle bilden Mil-liontel des Raumes
193	Salpetersäureäther		85°	1.112	17°	6.990	3.097	4.005	277.7	1878
194	Salpetersäure Amyläther		148°	0.994	10°	4.270	4.526	5.352	169.8	3066
195	Salpetersäure Methyläther		66°	1.182	20°	8.769	2.621	3.359	348.8	149.1
196	Salpetrigsäureäther		162 ₅	0.947	15°	7.263	2.333	3.256	289.1	2267
197	Salpetrigsäure Amyläther		96°	0.977		4.232	3.951	5.149	170.3	3057
198	Salpetrigsäure Methyläther		-12°	0.991		9.279	2.076	2.685	369.1	1411
199	Schwefel	111 ₃	440°	1.91		17.033	2.235	2.900	660.8	767
200	Schwefelchlorid		64°	1.625		9.015	3.563	4.130	358.7	1451
201	Schwefelchlorur		137°	1.057	162 ₇	14.285	2.266	2.869	568.2	916
202	Schwefelsäure reine	15°	290°	1.557		10.528	3.334	4.311	430.7	1209
203	Schwefelsäure Bishydrat	8°	224°	1.755	15°	8.788	3.946	5.108	349.5	1489
204	Schwefelsäureäther		112	1.12		4.154	5.241	6.773	165.3	3151
205	Schwefelsäure Methyläther		1.324	22°		6.005	4.287	5.533	238.9	2180
206	Schwefligsäureäther		100°	1.065	16°	4.491	4.697	6.074	178.6	2915
207	Schwefligsäure Anhydrit		1.49			13.304	2.247	2.906	512.8	984
208	Siliciumäthyl		152 ₃	0.8311		3.307	4.903	6.340	131.6	3958
209	Silicobenzoeäther		237°	1.0133		2.413	8.165	10.559	96.0	5423
210	Silicoessigsäure		145°	0.9253		6.980	2.356	3.343	230.9	1875
211	Silicoheptyläther		153°	0.6444		3.005	5.443	7.008	119.5	4356
212	Siliciumtriäthyl oxyd		224°	0.8831		2.051	8.309	10.922	81.6	6381
213	Siliciumtriäthylchlorid		143 ₃	0.9210		3.311	5.121	6.122	139.7	3728
214	Triäthylsilicid			0.5700		3.770	4.491	5.807	150.0	3472
215	Silicoheptylessigäther		168°	0.9039		3.003	5.532	7.567	119.5	4359
216	Silicoheptylwasserstoff		107°	0.751		3.700	3.948	5.103	147.2	3538
217	Silicopropionsäureäther		158 ₃	0.9207		2.740	6.532	8.817	109.0	4777
218	Siliciumdiäthylketonäther		156 ₃	0.8752		2.842	5.968	7.743	113.1	4006
219	Siliconpropionsäure Methyläther		125°	0.9771		3.713	5.103	6.399	147.7	3525
220	Sorbinsäure Hydro-		204°	0.969		4.557	3.578	5.015	193.2	2695
221	Styrolen		146°	0.924		5.077	3.538	4.375	202.0	2578
222	Tereben		156°	0.977		3.665	4.627	5.063	146.6	3552
223	Tetramethyläthan		58°	0.977		4.485	2.928	3.789	178.9	2910
224	Titanfuperschlorid		136°	1.781		4.164	6.597	8.344	208.5	3143
225	Tolen		154°	0.658		3.835	4.627	5.963	143.1	3631
226	Ueberchlorsäure			1.782	15°	10.181	3.120	4.322	254.3	1292
227	Valeraldehyd		92 ₃	0.768	12 ₃	5.137	2.928	3.763	203.0	2553
228	Valeriansäure		175°	0.955		5.350	3.470	4.457	212.6	2447
229	Valerylchlorür		115°	1.005	6°	4.765	4.100	5.302	189.6	2747
230	Valeriansäureäther		133°	0.866	18°	3.907	4.423	5.719	151.4	3439
231	Valeriansäure Methyläther		114°	0.981	16°	4.340	3.946	5.163	172.6	3016
232	Valeriansäureanhydrid		215°	0.934	15°	2.986	6.328	8.183	114.1	4520
233	Vanadintetrachlorid		154°	1.888		5.494	6.573	8.502	219.0	2383
234	Vanadoxytrichlorid		126°	1.83		6.018	5.912	7.645	239.4	2175
235	Wasser	0°	100°	1.000	4°	31.748	0.6124	7.919	1263.0	412
236	Wasserstoffperoxyd			1.452		24.403	1.157	1.436	984.2	536
237	Zinnchlorid		120°	2.267		4.983	8.843	11.430	198.2	2627

Die Verhältnisse der Korbbälle.

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
No.	Formel, Gewicht und Bewegung. Chemische Formel	Ge- wicht Qua- dril- lontel Gramm	Schnel- ligkeit in Metern	Weg- länge in Mil- lontel mm	Stöße in einer Se- kunde Mil- lontel	Durch- messer Mil- lontel mm	Quer- schnitt Mil- lontel (mm) ²	Rauminhalt der Ver- bin- dung Qua- dril- lontel (mm) ³	ein- zelnen Körbe Qua- dril- lontel (mm) ³	Ver- bin- dung lun- detel mehr	Rau- ge- wicht des Balles
193	(C ₂ H ₅) ₂ NO ₃	159 ₋₃	275 ₋₆	34 ₋₈₈	7901	0 ₋₃₂₃	0 ₋₂₁₉₀	75010	56825	32 ₋₅₀₀	2 ₋₁₂₁₇
194	(C ₂ H ₅) ₂ NO ₃	232 ₋₅	228 ₋₀	25 ₋₁₃	9071	0 ₋₆₁₆	0 ₋₂₉₆₁	122630	97850	25 ₋₃₃	1 ₋₈₈₆
195	(CH ₃) ₂ NO ₃	134 ₋₈	299 ₋₆	40 ₋₆₁	7378	0 ₋₄₈₃	0 ₋₁₅₄₇	59710	43150	38 ₋₃₈	2 ₋₂₃₇₆
196	(C ₂ H ₅) ₂ NO ₃	130 ₋₃	304 ₋₇	30 ₋₇₂	9918	0 ₋₅₅₇	0 ₋₂₄₄₁	90700	50330	80 ₋₂₁	1 ₋₄₃₈₂
197	(C ₂ H ₅) ₂ NO ₂	204 ₋₅	243 ₋₁	25 ₋₁₆	9651	0 ₋₆₁₆	0 ₋₂₉₇₈	122270	91355	33 ₋₈₅	1 ₋₆₇₅₀
198	(CH ₃) ₂ NO ₂	106 ₋₅	336 ₋₆	42 ₋₄₆	7984	0 ₋₄₇₆	0 ₋₁₇₇₉	56430	36655	53 ₋₈₅	1 ₋₈₉₂₈
199	S ₂	112	324 ₋₄	63 ₋₃₂	5123	0 ₋₃₈₅	0 ₋₁₁₈₄	30660	30660	0 ₋₀₀	3 ₋₆₅₂₈
200	SCl ₂	180 ₋₂	259 ₋₁	41 ₋₃₇	6264	0 ₋₄₈₀	0 ₋₁₈₁₃	58060	51416	12 ₋₉₃	3 ₋₁₀₃₈
201	SCl	118 ₋₁	320 ₋₁	56 ₋₂₂	5693	0 ₋₄₁₂	0 ₋₁₃₃₁	36650	33373	9 ₋₈₁	3 ₋₂₂₂₄
202	H ₂ SO ₄	171 ₋₅	265 ₋₆	46 ₋₇₃	5084	0 ₋₄₅₂	0 ₋₁₈₇₆	48360	46880	3 ₋₁₆	3 ₋₅₄₆₃
203	H ₂ SO ₄ · H ₂ O	203 ₋₀	244 ₋₁	40 ₋₆₇	6003	0 ₋₄₃₅	0 ₋₁₅₄₄	59550	55045	1 ₋₀₃	3 ₋₄₀₉₀
204	(C ₂ H ₅) ₂ SO ₄	269 ₋₆	211 ₋₉	24 ₋₀₈	8584	0 ₋₆₂₂	0 ₋₂₀₃₉	126040	101580	24 ₋₀₈	2 ₋₁₃₉₀
205	(CH ₃) ₂ SO ₄	220 ₋₅	234 ₋₃	31 ₋₅₅	7424	0 ₋₅₅₀	0 ₋₂₄₇₇	87200	74230	17 ₋₄₇	2 ₋₅₂₉₅
206	(C ₂ H ₅) ₂ SO ₃	241 ₋₆	223 ₋₆	36 ₋₀₀	8609	0 ₋₆₀₆	0 ₋₂₉₈₅	116590	95085	22 ₋₆₂	2 ₋₀₇₂₂
207	SO ₂	112	323 ₋₅	53 ₋₆₂	6035	0 ₋₄₂₂	0 ₋₁₅₉₉	39360	28320	38 ₋₀₉	4 ₋₅₁₀₂
208	Si(C ₂ H ₅) ₄	252 ₋₂	219 ₋₀	21 ₋₂₀	10333	0 ₋₆₇₁	0 ₋₃₃₃₉	158320	140220	12 ₋₉₁	1 ₋₅₉₂₉
209	SiC ₂ H ₅ (OC ₂ H ₅) ₃	420 ₋₀	160 ₋₇	17 ₋₁₅	9881	0 ₋₇₄₆	0 ₋₄₂₀₆	217020	192125	12 ₋₉₈	1 ₋₉₈₃₃
210	SiO · OH · CH ₃	133 ₋₀	301 ₋₆	34 ₋₈₈	8647	0 ₋₅₂₃	0 ₋₂₁₅₀	75020	51915	44 ₋₅₁	1 ₋₇₇₂₈
211	Si(C ₂ H ₅) ₄ O	280 ₋₀	207 ₋₉	19 ₋₆₈	10456	0 ₋₆₉₃	0 ₋₃₇₇₂	174240	146715	18 ₋₇₆	1 ₋₆₆₆₇
212	Si(C ₂ H ₅) ₃ O	430 ₋₅	167 ₋₇	15 ₋₄₂	10875	0 ₋₇₆₇	0 ₋₄₅₆₅	255250	226665	12 ₋₆₂	1 ₋₆₈₆₆
213	Si(C ₂ H ₅) ₃ Cl	263 ₋₄	214 ₋₃	22 ₋₀₆	9716	0 ₋₆₃₈	0 ₋₃₄₀₀	149120	128128	16 ₋₃₆	1 ₋₇₆₆₂
214	Si(C ₂ H ₅) ₃ OH	231 ₋₀	228 ₋₉	23 ₋₁₃	9893	0 ₋₆₄₃	0 ₋₃₂₁₃	138890	119365	16 ₋₄₆	1 ₋₆₆₃₂
215	Si(C ₂ H ₅) ₃ OC ₂ H ₅ O	301 ₋₀	200 ₋₅	19 ₋₆₉	10087	0 ₋₆₉₃	0 ₋₃₇₇₃	174360	147640	18 ₋₁₀	1 ₋₇₂₆₃
216	Si(C ₂ H ₅) ₃ H	203 ₋₀	244 ₋₁	22 ₋₅₁	10687	0 ₋₆₄₇	0 ₋₃₂₉₃	141530	112870	25 ₋₄₀	1 ₋₄₃₁₃
217	SiC ₂ H ₅ (OC ₂ H ₅) ₃	336 ₋₀	189 ₋₅	18 ₋₇₀	10149	0 ₋₇₁₅	0 ₋₄₀₁₁	191080	159705	19 ₋₆₃	1 ₋₇₅₉₄
218	Si(C ₂ H ₅) ₂ (OC ₂ H ₅) ₂	308 ₋₀	198 ₋₂	19 ₋₁₅	10351	0 ₋₇₀₆	0 ₋₃₆₁₅	184280	153210	20 ₋₂₇	1 ₋₈₇₁₃
219	SiC ₂ H ₅ (OCH ₃) ₃	262 ₋₅	211 ₋₇	22 ₋₀₀	9375	0 ₋₆₄₆	0 ₋₃₂₇₅	141010	118680	18 ₋₇₉	1 ₋₆₆₁₆
220	C ₆ H ₁₀ O ₂	199 ₋₅	246 ₋₃	27 ₋₃₈	8994	0 ₋₅₉₁	0 ₋₂₇₃₈	107800	89470	20 ₋₄₉	1 ₋₈₅₀₆
221	C ₆ H ₅ · C ₂ H ₅	162 ₋₀	257 ₋₂	28 ₋₂₁	9121	0 ₋₅₈₂	0 ₋₂₆₃₆	103130	87120	18 ₋₃₈	1 ₋₈₂₄₀
222	C ₁₀ H ₁₆	238 ₋₀	225 ₋₄	22 ₋₇₈	9897	0 ₋₆₄₇	0 ₋₃₂₇₂	142100	125610	13 ₋₁₃	1 ₋₈₇₄₉
223	C ₂ H ₅ (CH ₃) ₄	150 ₋₅	283 ₋₅	26 ₋₀₂	10896	0 ₋₆₀₅	0 ₋₂₉₅₂	116400	87620	32 ₋₈₅	1 ₋₆₂₉₀
224	TiCl ₄	335 ₋₉	189 ₋₈	24 ₋₇₂	7678	0 ₋₆₂₂	0 ₋₃₀₃₄	125730	88682	41 ₋₇₇	2 ₋₆₁₀₈
225	C ₁₀ H ₁₆	238 ₋₀	225 ₋₄	22 ₋₄₅	10041	0 ₋₆₅₂	0 ₋₃₃₄₀	145240	125610	15 ₋₆₃	1 ₋₆₃₉₇
226	HClO ₄	175 ₋₉	262 ₋₃	44 ₋₇₀	8568	0 ₋₄₆₂	0 ₋₁₆₇₈	51680	46808	10 ₋₄₁	3 ₋₃₉₁₉
227	(CH ₃) ₂ · CH · CH ₂ · COH	150 ₋₅	283 ₋₅	28 ₋₃₉	9988	0 ₋₅₈₀	0 ₋₂₆₄₂	102140	74870	36 ₋₄₂	1 ₋₄₇₃₅
228	(CH ₃) ₂ · CH · CH ₂ · COOH	178 ₋₅	260 ₋₄	29 ₋₂₂	8911	0 ₋₅₇₂	0 ₋₂₅₆₇	97870	81365	20 ₋₂₆	1 ₋₈₂₉₃
229	(CH ₃) ₂ · CH · CH ₂ COCl	210 ₋₉	239 ₋₅	27 ₋₀₄	8859	0 ₋₅₉₄	0 ₋₂₇₇₄	109880	90128	21 ₋₉₂	1 ₋₉₁₉₄
230	(CH ₃) ₂ · CH · CH ₂ COOC ₂ H ₅	227 ₋₅	230 ₋₆	23 ₋₂₆	9908	0 ₋₆₄₀	0 ₋₃₂₂₂	137550	108715	26 ₋₅₂	1 ₋₆₅₉₀
231	(CH ₃) ₂ · CH · CH ₂ CO ₂ CH ₃	203 ₋₀	244 ₋₁	25 ₋₄₁	9610	0 ₋₆₁₃	0 ₋₂₈₅₂	120650	95040	26 ₋₉₅	1 ₋₆₉₂₆
232	(C ₂ H ₅) ₂ O	325 ₋₅	192 ₋₈	19 ₋₄₀	9939	0 ₋₇₀₂	0 ₋₃₈₆₆	180500	150665	20 ₋₀₀	1 ₋₈₀₃₂
233	VOCl ₃	338 ₋₂	189 ₋₂	29 ₋₇₄	6361	0 ₋₅₆₇	0 ₋₂₅₇₂	95310	84492	7 ₋₇₁	3 ₋₅₄₈₄
234	VOCl ₃	304 ₋₁	199 ₋₅	31 ₋₅₉	6314	0 ₋₅₅₀	0 ₋₂₃₇₄	87010	76944	18 ₋₀₈	3 ₋₄₉₅₀
235	H ₂ O	31 ₋₅	619 ₋₈	95 ₋₇₉	6471	0 ₋₃₁₆	0 ₋₀₇₈₉	16490	12280	34 ₋₂₈	1 ₋₉₁₀₃
236	H ₂ O ₂	59 ₋₅	451 ₋₀	80 ₋₃₀	5616	0 ₋₃₄₅	0 ₋₀₉₃₄	21400	18775	14 ₋₃₉	2 ₋₇₇₂₀
237	SnCl ₄	464 ₋₉	163 ₋₁	27 ₋₈₆	5854	0 ₋₅₈₅	0 ₋₂₆₉₂	105070	100497	4 ₋₅₅	4 ₋₃₂₉₆

Die Vergleichung dieser Tafel mit den aus der Reibung der Gase gewonnenen Zahlen ergibt das folgende Verhältniss:

	Formel des Korbballes	Durchmesser des Korbballes in Milliontel mm berechnet aus	
		der Reibung	der Flüssigkeit
Aethylchlorür	C_2H_5Cl	0.491	0.497
Ammoniak	NH_3	0.350	0.368
Chlor	Cl_2	0.436	0.454
Chlorwasserstoff	HCl	0.350	0.369
Cyan	$(CN)_2$	0.461	0.472
Schwefligsäure Anhydrit	SO_2	0.430	0.422
Wasserdampf	H_2O	0.372	0.316

Man sieht, die Ergebnisse stimmen für 6 Stoffe vortrefflich. Für Wasserdampf liegt der Unterschied einfach in dem Umstande, dass bei der Reibung der Lufte im Wasserdampfe noch grose Dampftropfen statt der kleinen Korbbälle in Reibung getreten sind.

Anmerkung: Die Berechnung der Säulen in der Tafel.

Säule 1—2. Säule 1 giebt die laufende Nummer, Säule 2 den Namen.

Säule 3—6. Der Friergrad, der Siedegrad, das Raumgewicht der Flüssigkeit bei bestimmtem Grade, alle diese Grösen sind durch die Beobachtung gegeben.

Säule 7. Zahl der Korbbälle in Trillionen, welche in einem Würfelmillimeter der Flüssigkeit enthalten sind. Ein Würfelmillimeter Wasser von $4^{\circ} C.$ wiegt ein Tausendtel Gramm. Sei also R das Raumgewicht einer Flüssigkeit, so wiegt ein Würfelmillimeter derselben $\frac{R}{1000} = \frac{R \cdot 1000}{\text{Million}}$ Gramm. Sei nun das Gewicht eines Korbtröpfens K Quadrilliontel Gramm oder $\frac{K}{\text{Quadrillion}}$ Gramm. Dies Gewicht ist in Säule 14 ermittelt. Sei endlich N die Zahl der Korbbälle in einem Würfelmillimeter Flüssigkeit, so ist

$$N = \frac{R \cdot 1000}{\text{Million}} \cdot \frac{\text{Quadrillion}}{K} = \frac{R \cdot 1000}{K} \cdot \text{Trillion},$$

d. h. in Trillionen ausgedrückt, wenn $N = n$ Trillion gesetzt wird,

$$n = \frac{R \cdot 1000}{K}.$$

Säule 8. Die Dichte der Luft der Flüssigkeit gegen Erdluft (atmosphärische Luft) D. Sei C das Gewicht des Korbballes der Erdluft, wo $C = 51.44$

Die Flüssigkeiten haben uns in der Tafel die trefflichsten Aufschlüsse gegeben über die Verhältnisse der Korbkühle und werden uns im Folgenden noch zu weiteren Aufschlüssen führen. Hier bemerken wir nur noch, dass jede Flüssigkeit Kugelgestalt annimmt, sofern nicht fremde Kräfte einwirken, so jeder Tropfen, so jeder Stern zur Zeit, da er flüssig war.

Wirkt eine andere Kraft, z. B. die Anziehungskraft der Erde auf die Tropfen und zieht sie dieselben nach dem Schwerpunkte der Kraft, hier dem Mittelpunkte der Erde zu, so fallen die Tropfen hierhin, sie fließen nach der tiefsten, d. h. der dem Schwerpunkte der Kraft nächsten Lage hin. Die Flüssigkeit bildet Meere oder Seen auf der Erde, wie auf jedem Sterne und bedeckt die Becken und tiefen Stellen des Sternes, über den Meeren lagert ein großes Luftmeer und drückt auf das Flüssigkeitsmeer. Jede Bewegung des Luftmeeres, d. h. jeder Wind, setzt auch die Oberfläche des Flüssigkeitsmeeres in Bewegung, erzeugt Meereswellen. Bei voller Windstille wird die Meeresoberfläche eine wagerechte, spiegelnde Fläche, der Meeresspiegel.

Betrage der Druck des Luftmeeres auf das Flüssigkeitsmeer soviel, wie der einer Säule von m Meter der Flüssigkeit, so ist der Druck

Quadrilliontel Gramm und sei B das Gewicht des Korballes der Flüssigkeit, so ist die Dichte $D = B : C$.

Säule 9. Gewicht von einem Würfelmillimeter Luft G . Das Gewicht von einem Würfelmillimeter Erdluft ist 1.2932 Milliontel Gramm. Sei also D die Dichte der Luft gegen Erdluft, so ist

$$G = 1.2932 \cdot D.$$

Säule 10. Der Raum der Luft sei das M -fache des Raumes der Flüssigkeit. Bezeichne nun R das Raumgewicht der Flüssigkeit gegen Wasser, und bezeichne D die Dichte der Luft gegen Erdluft, und beachtet man, dass Wasser $773,8$ mal so schwer als Erdluft ist, so ist bei 0° C. und einer Luftsäule Druck $M = R \cdot 773,8 : D$.

Säule 11. Die Korbkühle bilden in der Luft E Milliontel des Raumes. In einem Würfelmillimeter sind in der Luft 25000 Billion Korbkühle, von denen jeder eine Raumgröße von V Trilliontel Millimetern hat. In jedem Millimeter nehmen also die Korbkühle $\frac{25000 \text{ Billion}}{\text{Trillion}} V = \frac{V}{40}$ Millimeter ein, oder da E in Millionteln des Raumes ausgedrückt sein soll, so ist

$$E = \frac{V \cdot \text{Million}}{40}.$$

Säule 12–13. Die Säule 12 giebt die laufende Nummer. Säule 13 die chemische Zusammenfassung des Korballes an.

Säule 14. Das Gewicht des Korballes K in Quadrilliontel Gramm. Die Tafel auf S. 133–134 giebt uns das Ballgewicht für die Grundstoffe und kann

in der Flüssigkeit in n Meter Tiefe unter der Oberfläche $m + n$ Meter.

In gleicher Tiefe unter der Oberfläche des Meeres werden alle Teilchen der Flüssigkeit gleich stark gedrückt; je tiefer aber ein Teilchen unter der Oberfläche liegt, um so stärker wird es gedrückt. (Meerestiefengefetz.)

Werden die Teilchen des Meeres verschieden stark erwärmt, so werden die wärmeren Teile raumleichter und werden von den kälteren, raumschwereren gehoben und verdrängt; es entstehen Meeresströme.

Werden Flüssigkeiten gemengt, welche chemische Verwandtschaft haben, so wirken die sich bleibend berührenden Korbtröpfen auf einander; sie zerfallen und bilden neue Verbindungen, welche sich zu neuen Korbtröpfen gestalten.

man durch Zufügung (Addition) derselben leicht das Ballgewicht jeder Verbindung berechnen; z. B. No. 3 Aethyl (C_2H_5)₂ giebt $2 C_2 = 84$, ferner $5 H_2 = 17.5$, mithin $(C_2H_5)_2 = 101.5$.

Säule 15. Die Schnelligkeit der Korbbälle S . Für die Erdluft ist dieselbe 485 m. Für jede andere Luft von der Dichte D ist sie

$$S = 485 : \sqrt{D}.$$

Säule 16. Die Weglänge der Korbbälle L in Millimetern. Sei Q der Querschnitt durch alle 25000 Billionen Korbbälle in Millimetern, q der Querschnitt durch einen Korbball in Billiontel Millimetern, so ist

$$QL = \frac{3}{16} \text{ also } L = \frac{3}{16 Q} = \frac{3 \cdot \text{Billion mm}}{16 \cdot 25000 \text{ Billion } q} = \frac{7\frac{1}{2} \text{ mm}}{\text{Million } q}$$

oder in Milliontel mm ist $L = 7\frac{1}{2} : q$.

Säule 17. Die Stöße der Korbbälle Z . Sei S die Schnelligkeit, L die

$$\text{Weglänge, so ist } Z = \frac{S}{L}.$$

Säule 18. Sei $N = n$ Trillion die Anzahl der Korbbälle in einem Würfelmillimeter Flüssigkeit und d der Durchmesser eines Korbballes, oder die Kante eines Würfels, in dem ein Korbball liegt, in Millimetern, so ist $Nd^3 = 1$

$$\text{und ist } d = \sqrt[3]{\frac{1}{N}} = \sqrt[3]{\frac{1}{n \cdot \text{Trillion}}} = \sqrt[3]{\frac{1}{n}} \cdot \frac{1}{\text{Million}}.$$

Säule 19. Der Querschnitt durch einen Korbball q ist $q = \frac{1}{4} \pi d^2$.

Säule 20—22. Die Raumgröße eines Korbballes V ist $V = \frac{4}{3} \pi d^3$. Für die Säule 21 erhält man die Zahl durch Zufügung (Addition) der Raumgröße der einzelnen Körbe.

Säule 23. Das Raumgewicht des Korbballes W . Da die Bälle 0.5236 der Flüssigkeit einnehmen, so ist das Raumgewicht des Korbballes $W = 1.91 R$, wo R das Raumgewicht der Flüssigkeit bezeichnet.

Um alle Verhältnisse bei einander zu haben, führen wir noch die Ergebnisse über die Verbrennungswärme an. Es giebt je 1 Kilo bei der Verbrennung Wasserstoffgas 34800, Kohlenoxydgas 2403, Holzkohle 8080, Schwefelkohlenstoff 3400 Wärmeeinheiten, wobei eine Wärmeeinheit die Wärme ist, welche 1 Kilo Wasser um 1° C. erwärmt. Es giebt ferner bei der Verbindung mit Chlor je 1 Gramm Wasserstoffgas 23684, Zink 1547, Kupfer 923, Eisen 1775, Silber 322, Kalium 2588, Natrium 4123 Wärmeeinheiten. Es giebt endlich bei der Bildung von Salzen 1 Gramm Natron mit Schwefelsäure 2520, mit Salpetersäure 493, mit Salzsäure 493, 1 Gramm Kupferoxyd mit Schwefelsäure 190, mit Salpetersäure 160 Wärmeeinheiten.

Führen wir diese Taffachen auf die Körbe zurück, so ergibt sich die

Tafel über die Verbrennungswärme der Körbe.

Verbrennung		Vereinigung		Verbrennungswärme in Quadrilliontel Gramm °C.
von Stoff	mit Stoff	von Körben	mit Körben	
Wasserstoff	Sauerstoff	H ₂	O	120617
Kohlenoxyd	"	CO	O	117747
Kohle	"	C	O ₂	169680
Schwefel	"	S	O ₂	141260
Wasserstoff	Chlor	H	Cl	82894
Kupfer	"	Cu	Cl	102567
Silber	"	Ag	Cl	60858
Natrium	"	Na	Cl	165951
Kalium	"	K	Cl	176631
Eisen	"	Fe	Cl	173950
Zink	"	Zn	Cl	176513
Natron	Schwefelsäure	Na ₂ O	SO ₃	273420
do.	Salpetersäure	Na ₂ O	N ₂ O ₅	53490
do.	Salzsäure	Na ₂ O	(HCl) ₂	53490
Kupferoxyd	Schwefelsäure	CuO	SO ₃	26975
do.	Salpetersäure	CuO	N ₂ O ₅	22256

Anm.: Beweis der Kugelgestalt der Korbtröpfen.

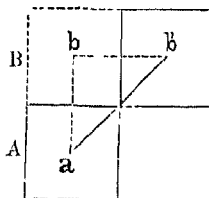
Der Satz:

Jede Flüssigkeit besteht in ihren letzten Theilchen aus Korbtröpfen, welche Kugelgestalt haben und deren Kugeln sich mit ihren Wirkungssphären unmittelbar berühren, während der genügende Raum bleibt, dass sie frei um einander kreifen können. (Tropfenraumgesetz.)

ist von solcher Wichtigkeit für die ganze Lehre vom Weltleben, dass es geboten erscheint, ihn noch besonders mathematisch zu erörtern. Ich erlaube mir daher nachstehend diese Erörterung zu geben.

1. Ein Körper, dessen kleinste Theilchen vollkommene Kugelgestalt haben, und deren Kugeln zwar sich unmittelbar berühren, aber den genügenden Raum haben, sich seitwärts um einander zu bewegen, und deren Kugeloberflächen vollkommene Glätte haben, so dass sie bei der Bewegung keine Reibung zu überwinden haben, ein solcher Körper hat Theilchen, welche durch jede Kraft verschoben werden können und sich frei um einander bewegen. Wirkt eine Kraft, z. B. die Anziehung der Erde auf einen solchen Körper, so können die kleinsten Theilchen des Körpers durch diese Kraft verschoben werden, fliesen nach dem tiefsten, dem Anziehungspunkte oder Schwerpunkte der Erde nächsten Punkte und erfüllen ein Becken der Erde. Wirkt ein Stos auf Theilchen des Körpers, so setzt er dieselben in Bewegung und erzeugt Wellen. Wirkt keine äussere Kraft auf den Körper, so werden sich die Theilchen des Körpers wie alle Körperteile auch in der Ferne gegenseitig anziehen und um den Schwerpunkt des Körpers kugelförmig lagern; der Körper bildet dann eine Kugel oder einen Tropfen. Der Körper ist eine Flüssigkeit. Alle diese Sätze sind so einfach und mathematisch sicher, dass sie eines Beweises nicht weiter bedürfen, jede Hydrostatik liefert die Beweise für diese Sätze. Aber auch der umgekehrte Satz gilt.

2. Wenn ein Körper flüssig ist, d. h. wenn seine kleinsten Theilchen durch jede kleine Kraft verschoben werden können, und gleichzeitig die Theilchen auch bei grossem Drucke sich nur sehr wenig nähern, so sind die kleinsten Theilchen des Körpers kugelförmig und berühren sich mit ihren Wirkungssphären unmittelbar, jedoch so, dass jedes Theilchen um das andere kreifen kann. Es wird nötig sein, diesen Satz mathematisch zu beweisen. Nehmen wir also zunächst an, die kleinsten Theilchen seien nicht kugelförmig, sondern eckig und grenzten



Verschiebung der Korbkecke.

Zeichn. 11.

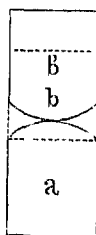
mit ebenen Flächen an einander, so wäre eine Verschiebung nach der Seite nur möglich entweder durch ein seitwärts Schieben von Fläche auf Fläche, oder durch ein Aufheben des einen Theilchens oder eine Winkelbewegung desselben. Seien also A und B die beiden Theilchen, deren Schwerpunkte a und b seien. Sei nun B um die Strecke bb' seitwärts geschoben, so ist die Entfernung der Schwerpunkte a und b vor der Verschiebung ab , nach der Verschiebung ab' , wo $ab' = \sqrt{ab^2 + bb'^2}$. Hier ist also ab' grösser als ab , d. h. bei der Verschiebung müssten die Schwerpunkte weiter von einander entfernt

werden, als sie vor der Verschiebung von einander entfernt waren. Da nun vor der Verschiebung Ruhe und Gleichgewicht herrschte, so war bei der Entfernung ab die Anziehungskraft der Theilchen der Abstosungskraft gleich. Bei weiterer Entfernung nimmt aber die Abstosungskraft der Korbbälle um Vieles schneller ab, als die Anziehungskraft; die letztere erhält also bei weiterer Entfernung ein bedeutendes Uebergewicht. Soll also in diesem Falle eine Verschiebung eintreten, so ist dazu eine Kraft erforderlich, welche dem Uebergewichte der Anziehungskraft gleich ist; in diesem Falle könnten die Theilchen also nicht durch jede kleine Kraft verschoben werden. Ebenso wird aber auch durch das Aufheben des einen Theilchens oder durch seine Winkelbewegung die Entfernung der Schwerpunkte der Theilchen vergrößert und ist dazu wiederum eine Kraft erforderlich, welche dem Uebergewichte der Anziehungskraft gleich ist. Auch in diesem Falle könnten also die Theilchen nicht durch jede kleine Kraft verschoben werden.

Sollen die Theilchen eines Körpers also wirklich durch jede kleine Kraft verschoben werden können, d. h. soll der Körper flüssig sein, so müssen bei der Verschiebung der Theilchen die Schwerpunkte ihre Entfernung nicht ändern, d. h. die Theilchen müssen kugelförmig sein.

Sollen ferner auch bei grossem Drucke die Theilchen sich nur wenig einander nähern, so müssen sie mit ihren Wirkungssphären einander unmittelbar berühren. Die Abstosung der Theilchen wird nämlich hervorgebracht durch die Abstosung der Etherhüllen und diese nimmt ab umgekehrt wie die 4te Höhe (Potenz) der Entfernung. Berühren sich also die Wirkungssphären unmittelbar, so werden auch schon bei geringer Näherung der Theilchen die Abstosungskräfte sehr schnell und sehr bedeutend wachsen und bald jedem Drucke das Gleichgewicht halten.

Um eine Kugel können nun 12 Kugeln gleicher Grösse lagern. Soll aber eine freie Bewegung und Verschiebung der Kugeln stattfinden, so muss immer abwechselnd ein Raum für die benachbarte Kugel frei sein und dürfen demnach um eine Kugel nur 6 Kugeln gleicher Grösse kreifen. Man kann sich demnach die 6 Kugeln so denken, dass sie in den Achsen der drei Hauptrichtungen des Raumes lagern und sich gegenseitig berühren.



Trennung
der
Korbecke.
Zeichn. 12.

15. Die Verkettung der Körbe in den Korbbällen.

Die Untersuchungen, welche wir im Vorhergehenden angestellt haben, geben uns die schönsten Aufschlüsse über die Grösseverhältnisse der Korbbälle; aber sie geben uns keinen Anhalt über die Lagerung der einzelnen Körbe im Korbballe und über ihre Verkettung. Die vorliegende Nummer soll diese Frage wissenschaftlich erörtern.

Die Körbe bilden, wie die Chemiker ermittelt haben, in jeder chemischen Verbindung eine Kette; jeder Korb verbindet sich nur mit dem nächst benachbarten, angrenzenden, wie in der Kette Glied

an Glied hängt. Kein Glied der Kette kann entfernt werden ohne dass die ganze Kette zerreist.

Die Körbe der Grundstoffe sind aber verschiedenbindig, d. h. sie haben in der chemischen Verbindung der Körbe sehr ungleichen Wert. Es giebt einbindige, zweibindige, dreibindige und vierbindige Körbe; ja es giebt Körbe, welche gegen einzelne andere Körbe fünf bis achtbindig sind. Jede Verbindung wird durch den Korb beherrscht, der den höchsten Wert hat, d. h. die grösste Zahl von Körben binden kann.

1. Die einbindigen Körbe sind solche, welche sich nur mit einem Korb verbinden können. Die einbindigen Körbe können daher nie Mittelglieder einer Kette von Körben werden, da sich die Mittelglieder stets nach beiden Seiten, also mit zwei Körben verbinden müssen.

Die einbindigen Körbe können nur die Endglieder einer Kette bilden, die Kette wird durch den einbindigen Endkorb an dem Ende geschlossen.

Eine Kette, welche nur einbindige Körbe enthält, kann nur aus 2 Körben bestehen.

Die Grundstoffe, deren Körbe einbindig sind, sind die Salzbilder: Fluor, Chlor, Brom, Jod, ferner die Laugengriese: Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium, und von den anderen Stoffen Wasserstoff und Silber. Die Salzbilder sind gegen Sauerstoff jedoch siebenbindig.

Die Doppelkörbe F_2 , Cl_2 , Br_2 , J_2 , H_2 u. f. w. und die Verbindungen dieser Grundstoffe unter sich, wie ClH , BrH , JH sind Beispiele der hierher zählenden Verkettungen.

2. Die zweibindigen Körbe sind solche, welche sich mit zwei Körben verbinden können, z. B. $H-O-H$, $Cl-O-Cl$, $Br-Hg-Br$.

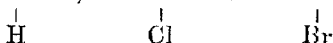
Die zweibindigen Körbe können sich nach beiden Seiten verbinden, sie können die Mittelglieder einer Kette bilden, die beliebig viele Glieder hat, z. B. $Cl-O-S-O-Cl$. Die Kette kann sich jedoch nicht verzweigen, sie bleibt einfach.

Die einfache Kette wird durch 2 einbindige Körbe geschlossen, fehlen diese, so bleibt die Kette offen oder sie bildet einen Ring. So

bleibt $-O-S-O-$ offen; so bildet das Ozon $\begin{array}{c} O \\ \diagup \quad \diagdown \\ O - - O \end{array}$ einen Ring. Nur die zweigliedrige Kette, z. B. $O=O$, oder $S=S$ kann geschlossen sein, indem sich die beiden zweibindigen Körbe zweimal binden.

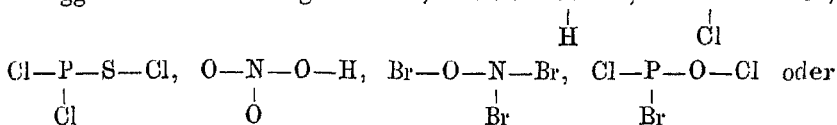
Die Grundstoffe, deren Körbe zweibindig sind, sind die Stammbilder: Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur, die Polderze: Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan, die Kalkgriese: Talk, Kalk, Strontium, Barium und von den anderen Stoffen Queck, Rodium, Pallad, Kupfer, Uran, Kadmium, Gallium, Zink, Ytter, Erb und Beryll. Die Stammbilder und das Uran sind jedoch gegen Sauerstoff sechsbindig, das Mangan ist gegen Sauerstoff selbst siebenbindig.

3. Die dreigliedrigen Körbe sind solche, welche sich mit drei Körben verbinden können, z. B. $\text{H}-\text{N}-\text{H}$, $\text{Cl}-\text{P}-\text{Cl}$, $\text{Br}-\text{B}-\text{Br}$.

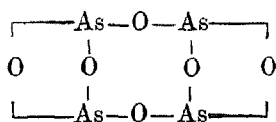


Die dreibindigen Körbe können sich nach drei Seiten verbinden, sie können daher in der Kette Abzweigungen bilden.

Die dreibindigen können sich mit dreibindigen dreifach binden, z. B. $\text{N} \equiv \text{N}$, $\text{P} \equiv \text{P}$ und bilden dann eine zweigliedrige Kette. Sie können sich mit zweibindigen doppelt binden, z. B. $\text{O} = \text{N} - \text{Cl}$, $\text{O} = \text{N} - \text{O} - \text{H}$ und bilden dann Mittelglieder einer einfachen Kette, Sie können endlich sich mit 3 Körben verbinden, und bilden dann das Zweigglied einer verzweigten Kette, z. B. $\text{H}-\text{N}-\text{H}$, $\text{Cl}-\text{P}-\text{O}-\text{Cl}$,



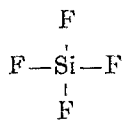
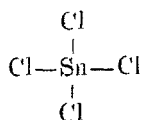
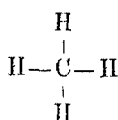
auch einen verzweigten Ring, z. B.



Die dreibindigen Körbe gewähren schon eine große Mannigfaltigkeit von Verbindungen.

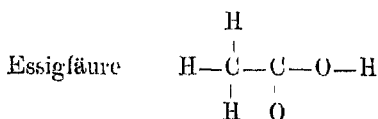
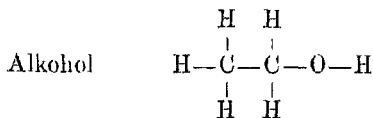
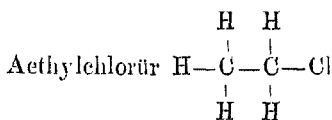
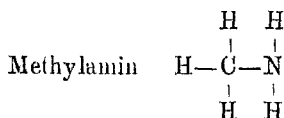
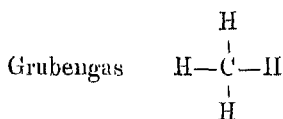
Die Grundstoffe, deren Körbe dreibindig sind, sind die Wurzelbilder: Stickstoff, Phosphor, Arsen, Spies, ferner Bor, Gold, Bismut, Thallium, Indium und Thon, und wahrscheinlich auch Niob und Tantal. Die Wurzelbilder nebst Bismut, Niob und Tantal sind jedoch gegen positive (von den Physikern irrtümlich negative genannte) Stoffe, wie Sauerstoff fünfbindig.

4. Die vierbindigen Körbe sind solche, welche sich mit 4 Körben verbinden können, z. B.



Die vierbindigen Körbe können sich nach vier Seiten verbinden, sie können daher in der Kette Kreuzabzweigungen bilden.

Die vierbindigen können sich mit vierbindigen vierfach binden z. B. $\text{C}=\text{C}$, $\text{Si}=\text{Si}$, sie bilden dann eine 2gliedrige Kette. Sie können sich mit dreibindigen dreifach binden, z. B. die Blausäure $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$, sie bilden dann Mittelglieder einer einfachen Kette. Sie können sich mit zweibindigen doppelt binden, z. B. $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, $\text{S}=\text{C}=\text{S}$. sie können sich endlich einfach binden. Die vierbindigen Körbe ermöglichen daher eine große Mannigfaltigkeit der Verbindungen und geben zu den mannigfaltigsten Gestaltungen Anlass. Die vierbindigen Körbe bilden die Kreuzketten, welche vier Zweige entfenden, z. B.



Treten verschiedenartige Stoffe ein, so kann die Verbindung derselben Körbe die verschiedensten Gestaltungen geben z. B.



Die Grundstoffe, deren Körbe vierbindig sind, sind: Kohlenstoff, Kiesel, Titan, Chrom, Vanad, Scheel, Mol, Platin, Iridium, Osmium, Ruthen, Blei, Zinn, Thor und Zirkon, Cer, Lanthan und Didym. Doch ist Chrom, Scheel und Mol gegen positive Stoffe sechsbündig, Osmium gegen positive Stoffe achtbündig.

Die Chemiker entscheiden die Frage, welche Gestaltung im einzelnen Falle stattfindet, dadurch, dass sie die Kette chemisch zersetzen und wieder zusammensetzen. Es gelten dabei folgende Regeln der Verkettung:

1. Die Körbe, welche als zusammenhängende Kette bei der Zersetzung austreten, waren auch schon in der ursprünglichen Kette in derselben Folge unmittelbar verbunden;
2. eine zusammenhängende Kette von Körben, welche aus einer Verbindung in eine andere Verbindung übertritt, ändert in der Regel die Reihenfolge ihrer Körbe nicht;
3. wenn in einer Kette eine Reihe von Körben durch eine gleichbindige Reihe von Körben ersetzt wird, so ersetzt die eintretende Reihe in der Regel die austretende und verdrängt nicht etwa andere Glieder der ursprünglichen Kette;
4. gleiche oder ähnliche Eigenschaften bedingen auch gleiches oder ähnliches Gefüge.

Jede Kette, welche nur ein- und zweibündige Körbe enthält, ist einfach und kann demnach nur zwei Endkörbe oder einbündige Körbe enthalten. Jeder dreibündige Korb kann noch einen Zweig mit einem Endkorbe, jeder vierbündige Korb kann zwei Zweige mit zwei Endkörben einführen. Die Zahlen der einbündigen und der dreibündigen Körbe müssen gleichzeitig gerade oder ungerade

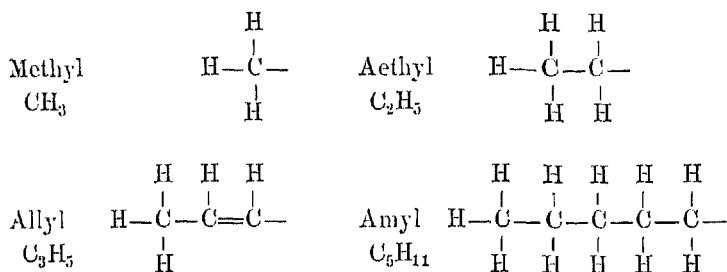
fein. Sei n_1 die Zahl der einbindigen, n_3 die der dreibindigen, n_4 die der vierbindigen Körbe, so muss

$$n_1 \leq 2 + n_3 + 2 n_4 \text{ fein oder } n_1 - n_3 = 2 + 2 n_4.$$

Da nun die Bindungen immer gegenseitig, also parig sind, so müssen n_1 und n_3 gleichzeitig gerade oder ungerade sein, dagegen können n_2 und n_4 ganz beliebig sein.

Eine Kette, welche zu ihrer vollständigen Sättigung noch einen einbindigen Korb erfordert, verhält sich ganz wie ein einbindiger Korb. Man nennt eine Kette, welche sich wie ein einbindiger Stoff verhält, eine Wurzel oder ein Radical. Diese Wurzel verhält sich also ganz wie ein Grundstoff.

Ein bekanntes Beispiel dieser Art ist Cyan $N \equiv C-$. Andere Beispiele sind das



Wollen wir auf die Lagerung der Körbe im Korbballe eingehen, so müssen wir zunächst die Frage erörtern, ob die Gestalt der Körbe im Korbballe veränderlich oder unveränderlich ist. Erst wenn diese Frage entschieden ist, können wir die Untersuchung über die Lagerung der Körbe im Korbballe wissenschaftlich beginnen. Die Erörterung dieser Frage führt uns aber unmittelbar in die folgenden Nummern, welche den Bau und die Zusammensetzung der Körbe behandeln. Erst nachdem wir diesen Bau kennen gelernt haben, werden wir im vierten Abschnitte den Bau der Korbbälle in der Luft und der Flüssigkeit und den Bau der Spate in den Gesteinen wissenschaftlich behandeln können.

16. Die Zerlegung der Körbe in einfache Massewefen.

Es ist eine allgemeine Sitte bei den Phyfikern geworden, die Teilchen, welche man Atome, d. h. Unteilbare nannte, d. h. die Körbe nun auch als unteilbar anzusehen und sich jeder Untersuchung zu

entschlagen, ob denn diese Körbe auch wirklich unteilbar sind, oder ob sie nicht vielmehr sehr zusammengefaszte und sehr wohl teilbare Größen sind.

Die Körbe haben eine räumliche Gröse, wir haben diese Gröse sogar berechnen können. Die Körbe nehmen also einen Raum ein und haben demnach wenigstens räumliche Teile. Man kann an ihnen den Mittelpunkt und den Umkreis, das Innere und die Begrenzung unterscheiden, man kann in ihnen unzählig viele Punkte und Teile unterscheiden und die Gestalt derselben bestimmen.

Die Körbe enthalten aber auch physisch verschiedene Teile. Jeder Korb nimmt einen bestimmten Raum ein und erfüllt denselben so, dass kein anderer Korb oder Körper in denselben eindringen kann. Jeder Korb zeigt also an der Oberfläche des Korbes eine Abstosungskraft, welche jeden eindringenden Körper abhält und einzudringen verhindert. Am Mittelpunkte der Erde drückt die ganze Masse der Erde mit $6\frac{3}{20}$ Quadrillionen Kilogramm Gewicht auf die Körbe im Mittelpunkte der Erde, dennoch leisten diese Körbe durch ihre Abstosungskraft diesem Drucke Widerstand.

In jedem Korb herrscht also an der Grenze des Korbes eine Abstosungskraft, welche den Eintritt anderer Körper verhindert. In weiterer Ferne vom Korb nimmt man von dieser Abstosungskraft nichts wahr, diese wirkt nur unmittelbar an der Grenze des Korbes. Sie nimmt also nicht so ab wie die Anziehungskraft, d. h. sie verhält sich nicht umgekehrt, wie das Quader der Entfernung, sondern umgekehrt wie eine höhere Höhe (Potenz) der Entfernung.

In jedem Korb wirkt aber auch eine Anziehungskraft. Körper haben wir die Massewesen genannt, welche von der Erde angezogen werden und die Erde anziehen. Jeder Körper hat eine Schwere, d. h. wird von der Erde angezogen und zieht sie an. Diese Schwere des Körpers bleibt auch nach der Zerteilung in seinen Teilen. Die Teile haben nach der Zerteilung noch ganz dieselbe Schwere wie der Körper, ohne dass auch nur das Geringste davon verloren geht. Da nun die Körbe die letzten Teile des Körpers sind, so kann man auch sagen, die Körbe enthalten das ganze Gewicht, die ganze Schwere des Körpers. Wie gros dies Gewicht, diese Schwere jedes Korbes ist, das haben wir in Nummer 11 und 12 kennen gelernt. Die ganze Masse des Körpers, welche von der Erde angezogen wird, hat also allein ihren Sitz in diesen Körben. Die Körbe sind also auch der Sitz einer Anziehungskraft, welche in die Ferne wirkt.

Alle Körper ziehen nun, wie wir oben gesehen haben, einander gegenseitig an, und zwar wird diese Anziehung um so grösser, je näher die Theilchen einander rücken und nimmt zu, wie das Quader der Entfernung kleiner wird.

Daselbe Gesetz gilt nun auch für die kleinsten Theilchen der Körper für die Körbe:

Die Körbe ziehen sich in der Ferne einander an und zwar ist die Anziehung gleich dem Zeuge (Producte) ihrer Gewichte, geteilt durch das Quader der Entfernung.

Um das Verhältniss der Abstosungskraft und der Anziehungskraft im Korb genauer kennen zu lernen, betrachten wir die Verhältnisse derselben beim festen Körper oder Gesteine, beim flüssigen und luftförmigen Körper.

In den festen Körpern, welche nicht unter Druck oder unter Zug stehen, zeigen die Körbe im Zustande des Gleichgewichtes eine Abstosungskraft, welche der Anziehungskraft der Körbe gleich ist. Auch bei den festen Körpern erhalten die Körbe und durch sie die Körper erst durch diese Abstosungskräfte ihre räumliche Grösse, behaupten erst durch sie ihren Raum gegen jedes eindringende Wesen. Nähert man die kleinsten Theilchen des Körpers, die Körbe, einander durch einen Druck, so wächst die Abstosungskraft der Körbe stärker als die Anziehungskraft der Körbe und hält der Summe des Druckes und der Anziehungskraft das Gleichgewicht. Bei hinlänglicher Näherung der Theilchen wächst die Abstosungskraft der Körbe über jede Grenze und hält jedem, auch dem stärksten Drucke das Gleichgewicht (wie z. B. im Mittelpunkte der Sonne, wo das ganze Gewicht der Sonne drückt). Entfernt man die kleinsten Theilchen der Körper, die Körbe, von einander, z. B. durch einen Zug, so nimmt die Anziehungskraft der Körbe langsamer ab als die Abstosungskraft der Körbe, bis dahin, dass die Anziehungskraft der Summe des Zuges und der Abstosungskraft gleich wird. Uebersteigt der Zug eine gewisse Grenze, so zerreist der Körper und zwar geschieht dies in der Entfernung der Theilchen, wo die Anziehungskraft der Körbe den grössten Ueberschuss über die Abstosungskraft der Körbe zeigt. In noch weiterer Entfernung wird die Abstosungskraft der Körbe gar nicht bemerkbar und ziehen sich die Körbe nur an im umgekehrten Verhältnisse des Quaders ihrer Entfernung. Die Abstosungskraft der Körbe nimmt also jedenfalls schneller ab, als das Quader der Entfernung zunimmt, sie nimmt ab, umgekehrt wie eine höhere Höhe (Potenz) der Entfernung.

In jeder Flüssigkeit zeigen die Körbe im Zustande des Gleichgewichtes eine Abstosungskraft, welche der Summe der Anziehungskraft der Körbe und des äusseren Druckes gleich ist. Drückt man auf eine Flüssigkeit, welche allseitig von Gefäßen umschlossen ist, so dass sie nicht ausweichen kann, so wird die Flüssigkeit auch beim stärksten Drucke nur äusserst wenig zusammengedrückt, sie behauptet ihren Raum. So z. B. wird eine Säule Wassers, deren Querschnitt ein Centimeter ist, durch das Gewicht von 1 Kilogramm nur um 50 Milliounteile ihrer Länge zusammengedrückt. Die Körbe der Flüssigkeit nähern sich also auch bei sehr starkem Drucke nur äusserst wenig. Die Abstosungskraft der Körbe nimmt mithin schon bei sehr geringer Näherung der Körbe sehr bedeutend zu, und wächst bei hinlänglicher Näherung der Körbe über jede Grenze. Am auffälligsten ist dieses Zunehmen der Abstosungskraft der Körbe bei nur ganz geringer Näherung der Körbe am Schwerpunkte der Erde. Hier am Schwerpunkte der Erde werden die Körbe von dem Gewichte der ganzen Erde, d. h. von $6\frac{3}{20}$ Quadrillionen Kilogrammen zusammengedrückt. Die Abstosungskraft der Körbe hält der Summe der Anziehungskraft der Körbe und diesem Drucke das Gleichgewicht. Die Abstosungskraft der Körbe am Schwerpunkte der Erde ist also um $6\frac{3}{20}$ Quadrillionen Kilogramme gröser als die Anziehungskraft der Körbe. Hieraus folgt abermals, dass, wenn auch die Anziehungskraft der Körbe sich in der Ferne nur verhält, umgekehrt wie das Quader der Entfernung, dass sich die Abstosungskraft der Körbe dagegen in der Nähe verhält umgekehrt, wie eine höhere Höhe (Potenz) der Entfernung.

In der Luft sind die Körbe in so lebhafter Bewegung, schwingen so schnell hin und her, dass die Anziehungskraft hier gar nicht in die Erscheinung tritt. Wenn nun aber die Luftbälle oder die Körbe der Luft auf einander stosen, so dringen sie nicht in einander ein, sondern prallen von einander ab, wie zwei vollkommen elastische Kugeln. Es ist auch hier wieder die Abstosungskraft des Korbes, welche den andringenden Korb aufhält und zurückwirft.

Fassen wir Alles zusammen, so herrscht also in jedem Korb Anziehungskraft und Abstosungskraft; die Anziehungskraft verhält sich in der Ferne umgekehrt wie das Quader der Entfernung; die Abstosungskraft verhält sich in der Wirkungssphäre der Körbe umgekehrt wie eine höhere Höhe (Potenz) der Entfernung. Und es kann ja auch nicht anders sein.

Nehmen wir einmal an, es seien in den kleinsten Körperteilen oder Körben nur Anziehungskräfte, d. h. nur solche Wesen enthalten, welche nur einander anzögen. Dann müssten die Körbe sich auch gegenseitig anziehen und einander nähern, und müssten, indem sie sich auch weiter anziehen, einander immer näher rücken, bis sie schließlich in einem Punkte, dem Schwerpunkte des Körpers zusammenträfen; der Körper könnte aber dann keine Ausdehnung haben. Dies ist nun aber nicht der Fall; der Körper hat Ausdehnung, er nimmt einen Raum ein, und leistet jedem Körper Widerstand, der in seinen Raum eindringen will. Dieser Widerstand ist eine der bekanntesten Erscheinungen. Wollen wir z. B. in den Raum eindringen, den ein Eisenklotz einnimmt, so stossen wir uns an dem Eisen und zwar so bedeutend, dass es uns mit gewöhnlichen Kräften unmöglich ist, einzudringen. Die Eisenteilchen haben also auch Abstosungskräfte, mit denen sie dem eindringenden Körper Widerstand leisten. In den Körben sind also Abstosungskräfte neben den Anziehungskräften vorhanden.

Viele Physiker stellen sich die Sache nun so vor, die Körbe seien stetig mit Masse erfüllt, und haben nur ihre räumliche GröÙe durch diese erfüllende Masse. Diese Masse aber könne bei der unmittelbaren Berührung jedem Drucke widerstehen, ohne dadurch zusammengedrückt oder in der Gestalt verändert zu werden. Aber gehen wir auch auf diese Annahme der Physiker einmal ein, dass die Körbe stetig von Körpermasse erfüllt seien, so kann man sich doch diese ganze Masse des Korbes im Schwerpunkte dieser Masse vereinigt denken. Dann zieht die ganze Masse im Korbe ebenso an, als wenn sie im Schwerpunkte vereinigt wäre und ebenso die Abstosungskraft der Masse. Wenn alle die stetigen Masseiteilchen im Korbe Abstosungskraft hätten, so könnte man auch diese ganze Masse im Schwerpunkte vereinigt denken und stiesse die ganze Masse im Korbe ebenso ab als wenn sie im Schwerpunkte vereinigt wäre. Da aber jede dieser beiden Kräfte bei einfachen Wesen nach Nummer 6 sich verhält, umgekehrt wie das Quader der Entfernung vom Schwerpunkte des Korbes, so bleibt dann das Verhältniss der Anziehungskraft und Abstosungskraft für alle Entfernungen dasselbe und kann man einfach die eine von der andern abziehen. Jedenfalls können hierdurch nicht die Erscheinungen hervortreten, die wir an den Körben kennen gelernt haben.

Ebenso wenig kann man die Erscheinungen erklären, wenn man in den Körben einzelne durch leere Räume getrennte Massewesen annimmt, welche jedes zugleich der Sitz einer Anziehungs- und einer

Abstosungskraft sein sollten. Denn, da alle Kräfte einfacher Massewelten sich verhalten umgekehrt, wie das Quader der Entfernung, so kann man die Abstosungskräfte in den Massewelten einfach von ihren Anziehungskräften abziehen, und müsste die Abstosungskraft ebenso in der Ferne wirken, wie in der Nähe. Sei z. B. die Abstosungskraft der Masse eins in der Entfernung eins auf die Masse eins gleich b , die Anziehungskraft aber a , sei m die eine, m_1 die andere Masse und r die Entfernung, so wäre die Wirkung

$$\frac{mm_1a}{r^2} - \frac{mm_1b}{r^2} = \frac{m \cdot m_1}{r^2} (a - b)$$

Die Abstosungskraft der Körper, welche in der Nähe hervortritt, in der Ferne aber verschwindet, kann also nicht ihren Sitz in denselben Massewelten haben, in denen die Anziehungskraft ihren Sitz hat.

In jedem Korbe muss es also zwei Arten von Massewelten geben, anziehende und abstosende, und dürfen diese nicht in demselben Punkte oder Orte des Raumes sein, sondern müssen getrennt neben einander bestehen.

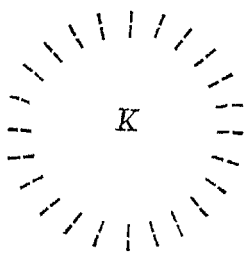
Die anziehenden Massewelten im Korbe sind es, deren Anziehung in die Ferne wirkt, und welche von der Erde angezogen werden. Da wir nun die Massewelten, welche von der Erde angezogen werden, Körper genannt haben, so kann man die einfachen anziehenden Massewelten im Korbe einfache Körperwelten nennen. Ich habe diese einfachen Körperwelten im Korbe zuerst 1862 in meiner Körperlehre oder Atomistik wissenschaftlich nachgewiesen. Es ist wünschenswert, sie mit kurzem Namen benennen zu können, ich habe ihnen daher bei ihrer Einführung in die Wissenschaft den Namen „das Ass“ beigelegt.

* Das Ass. Der Name ist aus dem lat. *as*, *assis* und dies aus der in Tarent gebräuchlichen Form *ús* des griechischen Zahlnamens heiss „eins“ entlehnt. Der Name stammt aus dem Urstamme des Pronomens dritter Person *ana*, *sskr.* *ana*, *lit.* *an-s*, einer, jener und bezeichnet im Lat. zunächst eine Einheit, ein Ganzes, so noch jetzt die Eins, das Ass im Kartenspiele, eignet sich also gut für den Namen eines einfachen Welten. Dann aber bezeichnet *as* im Lat. die Einheit oder Base des Gewichtsystems, ein Pfund, und noch jetzt im Holländischen die kleinste Einheit, Base des Gewichtsystems, $\frac{1}{20812}$ Kilogramm oder 48,049 mgr. Der Name ist also wohlgeeignet, um den kleinsten Gewichtsteil zu bezeichnen, welcher von der Erde angezogen wird, d. h. die Gewichtseinheit, aus der alle andern Gewichte zusammengesetzt sind, kurz das einfache Körperweten.

Die Zahl der einfachen Körperwesen im Korbe. Die Frage, ob in einem Korbe eines oder mehrere einfache Körperwesen enthalten sind, kann man zur Zeit nicht entscheiden. Wahrscheinlich ist, dass in dem Korbe des Wasserstoffes nur ein einfaches Körperwesen enthalten ist. Nimmt man dies einmal an, so wäre das Gewicht des Asses im Wasserstoffe $1\frac{3}{4}$ Quadrilliontel Gramm. Sei allgemein a das Gewicht des Korbes in Quadrilliontel Gramm, n die Zahl der Assen, welche er enthält, so ist das Gewicht des Asses $\frac{a}{n}$ Quadrilliontel Gramm.

Die Assen im Korbe bilden den anziehenden Kern des Korbes, den man im Schwerpunkte des Korbes vereinigt denken kann.

Die abstosenden Massewesen im Korbe sind es, durch welche der Korb jedes andringende Wesen aus seinem Raume ausschließt, es abstößt. In demselben Raume mit den anziehenden Körperwesen können diese abstosenden Wesen nicht sein. Da nun die anziehenden Körperwesen den Kern des Korbes bilden, so kann man zunächst annehmen, dass die Hülle des Korbes aus lauter einfachen abstosenden Massewesen



Zeichn. 13.

bestehe. Der Korb wird dann die nebenstehende Gestalt zeigen, wo K die Masse der anziehenden Körperwesen, das Zeichen $|$ ein abstosendes Massewesen bezeichnet. In diesem Falle wirkt aber die Hülle ganz so, als wenn alle die abstosenden einfachen Massewesen im Schwerpunkte der Hülle des Korbes vereinigt wären, der zugleich auch der Schwerpunkt für die anziehenden einfachen Körperwesen des Korbes ist. Da nun alle einfachen Kräfte nach dem

Quader der Entfernung abnehmen, so kann man auch in diesem Falle einfach die Abstosungskraft der Hülle von der Anziehungskraft des Kernes abziehen und behält nur eine der beiden Kräfte für alle Entfernungen übrig. Die Erscheinungen am Korbe lassen sich jedenfalls mit dieser Annahme nicht vereinigen.

Die abstosenden Massewesen im Korbe können demnach nicht einfache Massewesen sein; sie müssen zusammengesetzte Wesen sein. Dies folgt auch aus den Gesetzen der Abstosungskraft im Korbe. Wie wir bereits oben sahen, verhält sich die Abstosungskraft des Korbes nicht umgekehrt wie das Quader der Entfernung, sondern umgekehrt wie eine höhere Höhe (Potenz) der Entfernung. In weiterer Entfernung ist ihre Wirkung schlechthin Null und sind die abstosenden

Massewefen in weiterer Entfernung unwägbar oder imponderabel. In der dritten Anmerkung zu Nummer 9 ist nun der strenge mathematische Beweis geführt für die folgenden Sätze:

1. Ein Massewefen, welches in der Nähe von einem andern Massewefen angezogen oder abgestosen wird, in der Ferne aber ohne Wirkung, d. h. unwägbar oder imponderabel ist, ist notwendig zusammengesetzt, und zwar besteht dies zusammengesetzte Wefen aus zwei Arten einfacher Wefen, von denen die eine Art ebenso stark angezogen wird, wie die andere abgestosen wird, und deren Massen gleich sind.
2. Wenn in einer Masse auch die kleinsten Theilchen P in der Ferne unwägbar sind, so bestehen die letzten Theilchen aus Parwefen, d. h. jedes aus einem Pare einfacher Wefen $+E$ und $-E$, die beide gleicher Masse sind und von denen das eine von den andern einfachen Massewefen ebenso stark angezogen wird, als das andere in der gleichen Entfernung abgestosen wird.
3. Wenn in einer Masse auch die kleinsten Theilchen in der Ferne unwägbar sind und also aus einem Parwefen, einem $+E$ und einem $-E$ bestehen, so ziehen sich die entgegengesetzten einfachen Wefen gegenseitig an und stosen sich die gleichartigen einfachen Wefen gegenseitig ab, und umgekehrt. Es ziehen sich also $+E$ und $-E$ gegenseitig an und stosen sich $+E$ und $+E$ und ebenso $-E$ und $-E$ gegenseitig ab.
4. Die Anziehung bez. die Abstosung eines einfachen Massewefens auf ein Parwefen verhält sich umgekehrt wie der Würfel der Entfernung und ist daher in der Ferne verschwindend, und umgekehrt, wenn die Wirkung eines einfachen Massewefens auf ein anderes Wefen sich umgekehrt verhält, wie der Würfel der Entfernung, so besteht letzteres in seinen kleinsten Theilen aus Parwefen.
5. Die Einwirkung zweier Parwefen auf einander verhält sich umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung und umgekehrt, wenn die Einwirkung eines Wefens auf ein anderes sich umgekehrt verhält, wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung, so bestehen die beiden Wefen aus Parwefen.

Die abstosenden Massewefen im Korb bestehen also aus Parwefen, $+E$ und $-E$, von denen sich die entgegengesetzten anziehen, die gleichartigen abstosen, und deren Pare sich gegenseitig abstosen umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) ihrer Entfernung.

Da nun die Anziehung der einfachen Körperwesen im Korbe sich verhält umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung, während die Abstosung der Parwesen im Korbe sich verhält umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) ihrer Entfernung, so kann an der Grenze des Korbes nur dann Gleichgewicht herrschen, d. h. die Anziehungskraft und Abstosungskraft einander gleich sein, wenn die

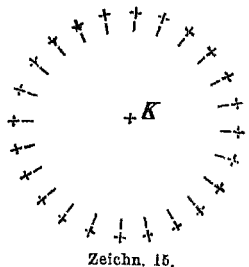


Zeichn. 14.

einfachen Körperwesen ferner von der Grenze des Korbes und die Parwesen näher an der Grenze des Korbes stehen, d. h. es müssen die einfachen Körperwesen den Kern des Korbes, die zusammengesetzten Parwesen die Hülle des Korbes bilden. Die Lagerung der Teilchen im Korbe wird also die der nebenstehenden Zeichnung werden. Ich bemerke jedoch, dass hieraus noch nicht folgt, dass diese

Parwesen aus denselben Ewesen bestehen, wie der Ether, und empfiehlt es sich daher, die Parwesen der Korbhülle vorläufig durch eigene Zeichen, durch $+E'$ und $-E'$ von den $+E$ und $-E$ des Ethers zu unterscheiden. Wir werden die ersteren also von hier ab mit $+E'$ und $-E'$ bezeichnen.

In der Ferne sind dann diese Parwesen wirkungslos oder unwirksam (imponderabel), indem sich die Wirkungen der entgegengesetzten E'wesen aufheben. In nächster Nähe dagegen, an der Grenze des Korbes üben diese Parwesen der $+E'$ und $-E'$ die größten Wirkungen aus. Hier in nächster Nähe sind die Entfernungen im Korbe zwischen den einfachen Körperwesen im Kerne und den E'wesen in der Hülle nicht mehr gleich, sondern es tritt das angezogene E'wesen näher und das abgestosene ferner. Sei also das Körperwesen im Kerne ein $+K$, welches die $-E'$ anzieht, die $+E'$ abstößt, so wird die Lagerung der einfachen Wesen die nebenstehende, wo die $-E'$ näher, die $+E'$ ferner gerückt sind. Bei dieser Lagerung zieht aber, wie in Nummer 9 Anmerkung 1 bewiesen, das einfache Körperwesen das Hüllpar $+E'$ und $-E'$ an umgekehrt wie der Würfel der Entfernung des Körperwesens vom Hüllpare und gerade wie die Entfernung der beiden E'wesen im Hüllpare von einander. Je zwei Hüllpare aber stoßen sich, wie in Nummer



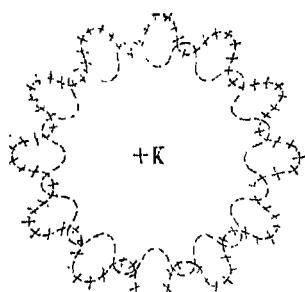
Zeichn. 15.

Entwurf eines Schnittes durch den Gleicheren eines Korbes.

9 Anmerkung 2 bewiesen. gegenseitig ab umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung der Hüllpare von einander und gerade wie das Quader der Entfernung der beiden E'wesen im Hüllpare von einander.

Die beiden E'wesen deselben Hüllpares ziehen sich aber, wie eben dort bewiesen, gegenseitig an. Sie würden durch diese Anziehung in einen Punkt zusammengehen oder ihre Entfernung würde Null werden, wenn nicht die beiden E'wesen einen Schwung hätten, durch den sie um einander kreifen und damit aus einander gehalten werden. Denken wir uns einmal die beiden E'wesen deselben Hüllpares nicht mehr um einander schwingend, sondern beide in einem Punkte vereint, so würden beide für jede Entfernung gleich stark anziehen und abstosen, d. h. es wirkten beide gar nicht, wären gleich einem Punkte des leeren Raumes. Dann hätte also auch das Hüllpar keine räumliche Gröse oder Ausdehnung, dann stiesen sich auch nicht die Hüllpare der Hülle gegenseitig ab, d. h. auch der Korb hätte keine räumliche Ausdehnung. Die ganze räumliche Ausdehnung der Körbe und damit der Körper ist also nur eine Folge des Schwunges oder der Schnelligkeit, mit der die E'wesen deselben Hüllpares um einander kreifen. Wird diese Entfernung Null, so hört die Abstosung auf, wächst die Entfernung, so wächst auch die Abstosungskraft und zwar wie das Quader der Entfernung, wie dies in der Anmerkung 2 zu Nummer 9 mathematisch bewiesen ist. Da nun die Entfernung der beiden E'wesen von einander selbst nur eine Folge des Schwunges ist, und zwar Null, wenn der Schwung Null ist, und um so gröser, je gröser der Schwung ist: so kann man auch sagen, die Ausdehnung der Körbe ist allein die Wirkung des Schwunges, mit dem die E'wesen deselben Hüllpares um einander schwingen, oder sie ist die Arbeit der Bewegung, welche vom Schöpfer den E'wesen bei ihrer Erschaffung mitgegeben ist.

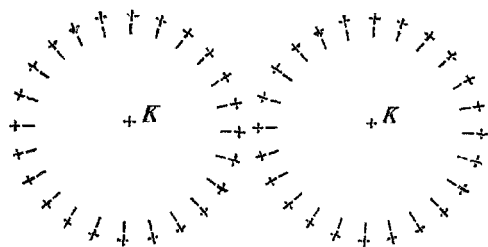
Auch die Hüllpare stehen übrigens in der Hülle des Korbes nicht stille, sondern tanzen um den Kern deselben herum; denn Ruhe ist nur ein einzelner Zustand unter den unendlich vielen Möglichkeiten der Bewegung und ist es daher unendlich unwahrscheinlich, dass gerade dieser Zustand bei den Körben der gesetzmäsig sein sollte. Dieser Schwung der Hüllpare, vereint mit der gegenseitigen Abstosungskraft der Hüllpare, hält der Anziehungskraft des Kernes auf die Hüllpare das Gleichgewicht und bestimmt die Gröse des Korbes. Immer aber muss bei allem diesem Kreisläufe doch das ausgezogene E'wesen dem Körperkerne viel näher kreifen als das abgestosene und wird also dadurch in der Betrachtung nichts geändert. Denn sei beispielsweise



Zeichn. 16.



Zeichn. 17.



Zeichn. 18.

der Kreislauf wie in der nebenstehenden Zeichnung, so ist die Wirkung genau dieselbe, als wenn die Hüllpare still ständen.

Betrachten wir nun endlich zwei Körbe desselben Stoffes:

so stehen bei beiden die gleichen E'wesen nach ausen. Die Hüllpare der beiden Körbe stosen sich also ab und zwar nach der Anmerkung 2 zu Nummer 9 umgekehrt wie die vierten Höhen (Potenzen) ihrer Entfernung. Die merkwürdigen Gesetze, welche die Körper in ihrem Innern zeigen,

finden hierdurch ihre leichte Erklärung. Die Abstosungskraft der Hüllpare nimmt ja bei der Annäherung der Teilchen zu umgekehrt wie die vierte Höhe der Entfernung, während die Anziehungskraft der Körperwesen nur zunimmt umgekehrt wie die zweite Höhe der Entfernung; die erste wiegt also bei der Annäherung vor. Dazu kommt, dass die Hüllpare in jedem Korb nach ausen lagern, und sich also bei gegenseitiger Annäherung zweier Körbe einander viel schneller nähern als die Körperkerne. Das schnelle Wachsen der Abstosungskraft bis über jede Grenze bei der Annäherung der Körbe findet hierin seine hinreichende Erklärung.

Wir haben hiermit die Körbe in ihre einfachen Wesen zerlegt. In der Mitte des Korbes fanden wir als Kern des Ganzen die einfachen Körperwesen, die von der Erde angezogen werden und diese anziehen. An der Grenze des Korbes dagegen fanden wir die etherhafte Hülle des Korbes, zusammengesetzt aus unwägbaren Hüllparen, jedes Hüllpar wieder zusammengesetzt aus einem $+E'$ und einem $-E'$, welche sich anziehen und in schnellstem Kreislaufe um einander tanzen. Die Hüllpare selbst von dem Körperkerne angezogen und in raschem Tanze um denselben schwingend. Die Frage, welche noch zu lösen

bleibt, ist die: was sind die $+E'$ und die $-E'$, welche das Hüllpar bilden, für Wefen? In ihren Eigenschaften stimmen sie ganz mit den $+E$ und $-E$ des Ethers oder mit den elektrischen Wefen überein, und liegt die Vermutung nahe, dass sie mit diesen ein und dieselben Wefen sind. Die folgenden Nummern werden uns zeigen, ob diese Vermutung richtig ist.

Anm. Die obige Erklärung der Sache ist von mir in R. Grassmann, Körperlehre oder Atomistik, Stettin 1862 zuerst vorgetragen und in die Wissenschaft eingeführt. Dieselbe hat nur von einer Seite Widerspruch erfahren, nämlich von Fechner in seiner Atomenlehre, Leipzig 1864, S. 237. Fechner wendet ein: „Alle Körperwefen sollen sich gegenseitig anziehen, sowohl $+Wefen$ „unter einander, als $-Wefen$ unter einander, als endlich $+Wefen$ und $-Wefen$ „gegenseitig; in dieser Hinsicht also beiderlei Körperwefen gleichartig sein, „aber doch dadurch verschieden, dass die einen dieselben Ewefen anziehen, „welche die andern abstosen. Wie zweierlei Körperwefen, werden zweierlei „Ewefen statuiert, aber während die gleichartigen Körperwefen einander ebenso „anziehen, als die ungleichartigen, stosen sich die gleichartigen Ewefen ab und „nur die verschiedenartigen ziehen sich an. Eine solche Incongruenz in den „Verhältnissen der Grundkräfte erscheint mindestens sehr unwahrscheinlich.“

Auf diese Einwände ist Folgendes zu erwidern. Alle Körperwefen sollen sich nicht bloß gegenseitig anziehen, sondern sie ziehen sich wirklich alle gegenseitig an, sowohl die $+Wefen$ des Sauerstoffes, als auch die $-Wefen$ des Kaliums u. s. w. Es ist dies der sicherste Satz der Erfahrung, den es giebt, von allen Physikern festgehalten, durch jeden beliebigen Versuch festzustellen. Jedenfalls muss, wenn sich nach Fechner nicht alle Körperteilchen anziehen sollen, Herr Fechner doch Tatsachen oder einen Beweis antreten, dass und welche Körperteilchen sich nicht anziehen.

Herr Fechner findet ferner darin eine sehr unwahrscheinliche Incongruenz, dass, während die gleichartigen Körperwefen einander ebenso anziehen, wie die ungleichartigen, sich die gleichartigen Ewefen oder elektrischen Wefen abstosen und nur die verschiedenartigen sich anziehen. Aber dieser Unterschied zwischen Körperwefen und Ewefen ist wieder eine der sichersten Tatsachen in der Physik; die Tatsache, dass gleichartige Ewefen sich abstosen, entgegengesetzte sich anziehen, hat noch Niemand sonst bestritten und kann jederzeit durch die einfachsten Versuche in der Elektrizität bewiesen werden. Das vorliegende Werk will aber nicht Dichtungen; es will durch Erfahrung bewiesene Wahrheiten bieten, welche allgemein anerkannt und auf sichere Tatsachen gegründet, der Menschengattung für alle folgenden Zeiten erworben sind. Der Verfasser hält sich daher an die Tatsachen gebunden, kann nichts anderes geben, als was die Tatsachen lehren, mag dies Herrn Fechner auch noch so incongruent vorkommen. Jedenfalls aber hätte Herr Fechner aus dieser Incongruenz doch nicht dem Verfasser, sondern allein dem Schöpfer einen Vorwurf machen können, der die Wefen also erschaffen hat.

Aber verdient denn in der Tat die Weltschöpfung einen solchen Vorwurf? Denken wir uns nach Herrn Fechner einmal alles congruent, d. h.

alle Wesen gleich und einander anziehend. die ganze Welt also in einen Punkt, den Schwerpunkt zusammenschrumpfend. wäre das etwa eine vollkommnere Welt, als die jetzige, welche den ganzen Weltraum erfüllt?

In der Welt Gottes ziehen sich alle Körper an. ebenso wie alle Geister sich anziehen, d. h. lieben sollen, und behauptet doch jeder seinen Raum, seinen Leib, in den kein fremder Körper eindringen kann. behauptet seine Eigentümlichkeit, die ihm Niemand nehmen kann. Und durch wie einfache Mittel ist diese Verschiedenheit erreicht? Einfach durch die verschiedene Stellung in der Reihe der Stoffe, in ihrer verschiedenen Stärke der Anziehung zu den beiden Arten der Ewesen. Diese Ewesen bilden überdies die Hülle der Körperkerne, durch welche diese Licht und Wärme, durch welche diese Eschwingung oder Elektrizität und chemische Mischung aufnehmen: sie sind gleichsam die Sinne: Augen und Gefühl der Körper, durch welche diese am Leben der Welt teilnehmen; doch ich greife hiermit den folgenden Nummern vor. die den Beweis für diese Behauptungen liefern werden.

17. Die Ekette und die chemische Verbindung der Körbe.

Um zu prüfen, in welchem Verhältnisse die Ewesen in den Hüllparen der Körbe zu den Ewesen des Ethers oder der Elektrizitäten stehen, müssen wir den Einfluss untersuchen, den die Ewesen auf die Körbe und ihre chemische Verbindung oder Trennung ausüben: dies führt uns zu den Gesetzen der Ekette oder elektrischen Kette.

1. Die Gesetze der Ekette oder elektrischen Kette.

Die verschiedenen Körper haben, wie wir in Nummer 12 sahen, zu den beiden Arten der elektrischen Wesen oder der Ewesen ein sehr verschiedenes Verhalten: die dem Sauerstoff nahen Körper ziehen mehr die $-E$, die dem Kalium nahen mehr die $+E$ an; es bilden die in der Tafel der Grundstoffe aufgeführten Stoffe eine Reihe, in der Art, dass der Fluss am stärksten die $-E$ anzieht, diese Anziehung in der Reihe der Stoffe schwächer und schwächer wird, zuletzt fast Null und dann auf die negative Seite übergeht, d. h. dass die folgenden Stoffe die $-E$ abstosen, und zwar zuerst schwach, dann stärker und stärker, bis der letzte Stoff in der Reihe. das Cäsium, die $-E$ am stärksten abstößt und die $+E$ am stärksten anzieht. Man kann danach auch sagen, die Körper teilen sich in zwei Arten, die einen ziehen mehr die $-E$. die andern mehr die $+E$ an. und ist die Größe dieser Anziehung je nach den Stoffen eine verschiedene; immer aber wird von demselben Körper das eine Ewesen in gleicher Entfernung ebenso stark angezogen, wie das andere ab-

gestosen wird. und sind deshalb die Epare in der Ferne imponderabel oder unwägbar.

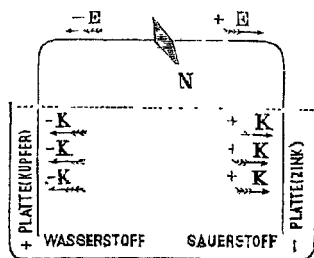
In nächster Nähe macht sich dagegen das verschiedene Verhalten der verschiedenen Grundstoffe sehr geltend. Sei nämlich der eine Grundstoff ein $+$ Stoff, der die $-E$ anzieht, die $+E$ abstößt. sei der andere Grundstoff ein $-$ Stoff, der die $+E$ anzieht, die $-E$ abstößt. so werden, wie wir dies in Nummer 10 sahen, bei inniger Berührung der beiden Stoffe zahlreiche $-E$ zu dem $+$ Stoffe, und zahlreiche $+E$ zu dem $-$ Stoffe wandern.

Zwei Platten verschiedener Erze, welche ehern verbunden sind, und auf diese Weise die Ewefen oder elektrischen Wefen trennen, die Elektrizität erregen, nennt man ein erregendes Plattenpar. Wir werden als Beispiel, sofern nicht Anderes erwähnt wird, stets ein Plattenpar aus chemisch reinem Zink und chemisch reinem Kupfer zu Grunde legen; das Kupfer ist hier der $+$ Stoff, das Zink der $-$ Stoff.

Es zeigt uns dies Plattenpar die Einwirkung verschiedener Körper auf die Ewefen, dagegen giebt es uns keinen Aufschluss über das Verhalten der einzelnen Körbe zu den Ewefen. Wollen wir dies kennen lernen, so müssen wir das erregende Plattenpar auf eine zusammengesetzte Flüssigkeit wirken lassen, deren Körbe durch Einfluss der Ewefen oder der Elektrizität chemisch getrennt werden können.

Wenn ein erregendes Plattenpar, dessen Platten durch einen Drat ehern verbunden sind, in eine zusammengesetzte Flüssigkeit getaucht wird, deren Stoffe durch Wirkung der Ewefen chemisch getrennt werden können: so nennt man das Ganze eine Ekette oder elektrische Kette, den Drat einen Leitungsdrat, das Gefäß mit der Flüssigkeit eine Zerfetzungszelle, die Flüssigkeit eine elösliche oder elektrolytische. Die Bewegung in der Kette nennt man einen Kettenstrom oder galvanischen Strom, und zwar den Teil in der Zerfetzungszelle von Platte zu Platte einen Stoffstrom oder chemischen Strom, den in dem Leitungsdrate einen reinen Estrom oder elektrischen Strom.

. Während nämlich z. B. chemisch reines Zink, in verdünnte Schwefelsäure getaucht, nicht angegriffen und das Wasser der verdünnten Schwefelsäure nicht zerfetzt wird. so tritt, sobald man das



Zerfetzungszelle.

Zeichn. 19.

Zink durch einen Kupferdrat mit dem Kupfer zu einem erregenden Plattenpare verbindet, und dies in die verdünnte Schwefelsäure eintaucht, ein lebhafter Stoffstrom. d. h. eine lebhafte chemische Zerfetzung des Wassers in der Zerfetzungszelle und ein lebhafter Estrom, d. h. ein lebhafter Strom von Ewesen in dem Leitungsdrate ein. Das Wasser der Zerfetzungszelle, welches aus 2 einwertigen Korb Wasserstoff und 1 zweiwertigen Korb Saurstoff zusammengesetzt ist, wird in diese beiden Stoffe zerfetzt. Der Saurstoff verbindet sich mit dem Zinke zu Zinkoxyd und dies mit der Schwefelsäure zu schwefelurem Zinkoxyd oder Zinkvitriol, der Wasserstoff dagegen geht zum Kupfer und wird hier als Luftblase ausgeschieden. Ist die Zerfetzungszelle so eingerichtet, dass das Wasserstoffgas, welches in derselben durch den Strom ausgeschieden wird, genau gesammelt und gemessen werden kann, so hat man dadurch ein genaues Mas für die Menge der zerfetzten Wasserkörbe oder für die Stärke oder Intensität des Stoffstromes.

In der Zerfetzungszelle ist der Stoff, der zur —Platte (Zinkplatte) wandert, der +Stoff, der Stoff, der zur +Platte (Kupferplatte) wandert, der —Stoff. In unserm Beispiele ist der Saurstoff der +Stoff, der Wasserstoff der —Stoff.*

In dem Leitungsdrate strömen die +E von der +Platte (Kupferplatte) zur —Platte (Zinkplatte). Ist der Leitungsdrat so eingerichtet, dass unter demselben eine freischwingende Polnadel oder Magnetnadel in der Richtung des Drates steht, so stößt der Strom der +E den Nordpol (meist irrthümlich Südpol genannt) nach rechts ab. Die Stärke dieser Ablenkung giebt ein Mas für die Stärke des Estromes. Der Estrom ist in allen Teilen des Drates gleich stark.

Die Gesetze der einfachen Ekette sind folgende:

Jedes erregende Plattenpar erzeugt, in eine elösliche Flüssigkeit getaucht, einen Estrom. Der Estrom ist in der Zerfetzungsflüssigkeit ein Stoffstrom oder chemischer Strom, in dem Leitungsdrate ein reiner Estrom. In dem Stoffstrom wandern die +Körbe. in dem reinen Estrome die +E von der +Platte zur —Platte (von der Kupferplatte zur Zinkplatte).

* Die Physiker nennen die +Stoffe, d. h. die Stoffe, welche die —E anziehen und die +E abstosen, —Stoffe. Dies aber ist fehlerhaft. alle Massewesen, welche die —E anziehen und die +E abstosen, sind +Wesen, so die +E, so auch die +Stoffe.

Setzt man mehre einfache Eketten in der Weise zusammen, dass die Zinkplatte der vorhergehenden Zelle durch einen Leitungsdrat mit der Kupferplatte der nächstfolgenden Zelle, und die Zinkplatte der letzten Zelle wieder durch einen Leitungsdrat mit der Kupferplatte der ersten Zelle verbunden ist, so nennt man das Ganze eine mehrzellige oder bei n Zellen eine nzellige Ekette.

Die Gesetze der mehrzelligen Kette sind folgende:

Die Stärke des Stromes ist in allen Teilen des Stromes dieselbe, namentlich werden in jeder Zerfetzungszelle ebensoviele Körbe der zusammengesetzten Flüssigkeit zerfetzt, wie in jeder andern. Auch wenn in den verschiedenen Zerfetzungszellen verschiedene zusammengesetzte Flüssigkeiten sich befinden, entspricht jedem zerfetzten Korbe der einen auch ein zerfetzter Korb der andern Flüssigkeit. Wenn alle Widerstände gleich sind, so ist der Strom in der mehrzelligen Ekette nicht grösser als der in der einzelligen, dagegen kann die mehrzellige Ekette viel grössere Widerstände überwinden.

Alle diese Sätze sind von den Gelehrten allgemein anerkannt und durch Versuche streng bewiesen. Die Anmerkung* giebt das mathematische Gesetz für die Stärke der nzelligen Kette. Wir verfolgen hier das Verhalten der Ewesen und Körbe in dem Stoffstrom weiter.

* Anm.: Die Stärke der einzelligen Kette.

Sei P die erregende Kraft jedes in die Flüssigkeit getauchten Plattenpaares, sei R der Widerstand in einer Zerfetzungszelle, r der Widerstand des Leitdrates zwischen 2 Platten und sei J die Stärke oder Intensität des Stromes, so ist bei der einzelligen Kette

$$J = \frac{P}{R + r}$$

bei der einzelligen Kette

$$J = \frac{nP}{nR + nr} = \frac{P}{R + r}$$

d. h. dieselbe wie in der einzelligen Kette.

Kommt nun aber an einer Stelle der Kette ein neuer Widerstand W hinzu, so ist die neue Stärke J₁ bei der einzelligen Kette

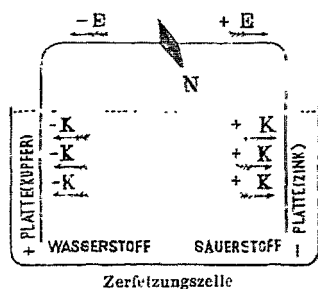
$$J_1 = \frac{P}{R + r + W}$$

bei der einzelligen Kette

$$J_1 = \frac{nP}{nR + nr + W}$$

2. Die Zersetzen in der Zersetzungszelle und der Stoffstrom.

In dem erregenden Plattenpaar zeigt, wie wir oben sahen, schon vor der Eintauchung in die Flüssigkeit, die —Platte (Zinkplatte) freie $+E$, die +Platte (Kupferplatte) freie —E. Die Trennung der beiden Arten der Ewefen ist erfolgt an der Berührungsstelle von Zink und Kupfer und ist so lange fortgesetzt, bis die Abstoßungskraft der gleichartigen $+E$ auf der —Platte der Anziehungskraft der —Platte das Gleichgewicht hielt. Die Zahl der freien $+E$ ist darauf die Hälfte geblieben.



Zeichn. 20.

Sobald nun aber das erregende Plattenpaar in die zusammengefasste Flüssigkeit getaucht wird, beginnt in der Flüssigkeit eine Zersetzung. Der $+Stoff$ (Sauerstoff) strömt zur —Platte (Zinkplatte), der —Stoff (Wasserstoff) zur +Platte (Kupferplatte). Taucht man die —Platte oder die +Platte allein ein, so beginnt die Zersetzung nicht, taucht man beide ein, aber ohne sie durch einen leitenden

Draht zu verbinden, so beginnt sie auch nicht; es sind also nicht die beiden Platten, welche die Anziehung der beiden Zersetzungsstoffe, welche die Zersetzung selbst bewirken, sondern es sind allein die durch den leitenden Draht in den beiden Platten erzeugten $+E$ und —E, welche die Zersetzung erregen oder einleiten.

Ebenso wenig sind es die bereits getrennten und neben einander freibefindlichen Körbe der Körper, hier des Sauerstoffes und Wasserstoffes, welche von den $+E$ und —E der Platten angezogen werden. Der $+Stoff$, der Sauerstoff, zieht die —E an und stößt die $+E$ ab, wie also sollte er von den $+E$ der Zinkplatte angezogen werden, und

oder der umgekehrte Wert der neuen Stärke ist bei der einzelligen Kette

$$\frac{1}{J_1} = \frac{1}{J} + \frac{W}{P}$$

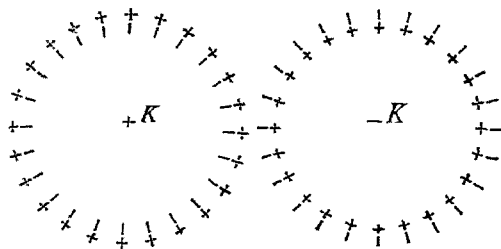
bei der nzzelligen Kette

$$\frac{1}{J_1} = \frac{1}{J} + \frac{W}{nP}$$

d. h. der umgekehrte Wert der Stärke der nzzelligen Kette ist kleiner, die Stärke selbst mithin größer als bei der einzelligen Kette. Bei dem menschlichen Leibe, welcher einen großen Widerstand bietet, wirkt daher die einzellige Kette gar nicht, die vielzellige sehr stark.

ebenſo der $-$ Stoff, der Waſſerſtoff, zieht die $+$ E an und ſtößt die $-$ E ab, wie alſo ſollte er von den $-$ E der Kupferplatte angezogen werden. In der That werden auch in der Flüſſigkeit mit freiem Sauerſtoffe und freiem Waſſerſtoffe nicht die freien unverbundenen Stoffe oder Körper angezogen, ſondern es werden die chemiſch verbundenen Stoffe oder Körper, welche durch die Kraft der Verwandtſchaft zuſammengehalten ſind, angezogen und um dieſer Anziehung zu genügen, ſelbſt zerſetzt.

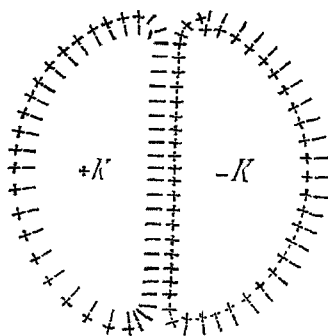
Die chemiſch vereinten Stoffe müſſen alſo in der Vereinigung ganz andere Eigenſchaften haben, als im freien Zuſtande, und haben ganz andere Eigenſchaften. Dies führt uns zu der Erkenntniß der Verwandtſchaftskraft. Denken wir uns einen Korb des $+$ Stoffes (Sauerſtoſſes) und einen Korb des $-$ Stoffes (Waſſerſtoſſes) chemiſch vereint, ſo kann es zunächſt nicht die gegenseitige Anziehungskraft der Körperweſen ſein welche ſie chemiſch vereinigt; denn je 2 Körperweſen ziehen ſich in gleicher Entfernung gleich ſtark an und iſt es ganz gleichgültig, ob der eine ein $+$ Stoff, der andere ein $-$ Stoff iſt oder nicht. Die chemiſche Vereinigung hat aber allein in dieſem Gegenſatze des $+$ Stoffes und des $-$ Stoffes ihren Grund. Nun iſt es aber das Weſen des $+$ Stoffes, daß er die $-$ E anzieht, die des $-$ Stoffes, daß er die $+$ E anzieht, und dieſe



Körbe vor der Vereinigung

Zeichn. 21.

Anziehung iſt, wie wir oben ſahen ſo ſtark, daß bei der Berührung und Reibung der beiden Stoffe die $-$ E zu dem einen, die $+$ E zu dem andern wandern. Denken wir uns alſo einen Korb des $+$ Stoffes und einen Korb des $-$ Stoffes in nächſte Nähe gerückt, ſo müſſen die $-$ E zu dem erſten, die $+$ E zu dem zweiten wandern und das Bild der Vereinigung wird das nebenſtehende. Hier ziehen alſo die Körperweſen des $+$ Stoffes die $-$ E dieſe die $+$ E dieſe die Körper-

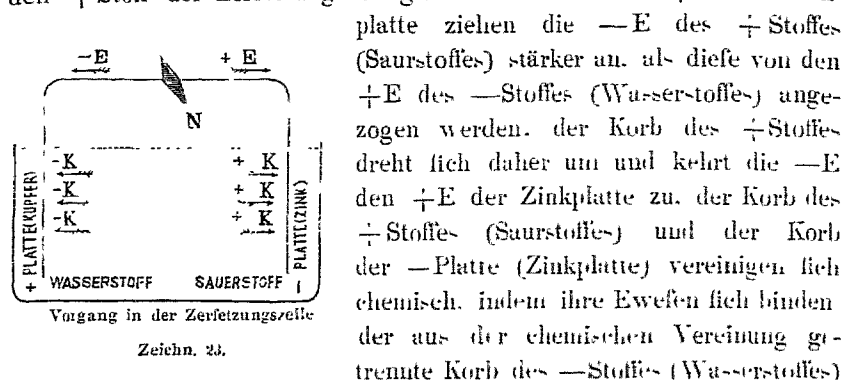


Körbe nach der Vereinigung.

Zeichn. 22.

wesen des —Stoffes an. und erst durch diese dreifache Anziehung entsteht die chemische Vereinigung.*

Jetzt erst wird es uns erklärlich. warum die $\div E$ der Zinkplatte den \div Stoff der Zeretzungsflüssigkeit anziehen. Die $\div E$ der Zink-



aber kehrt sich gleichfalls um und wendet seine $\div E$ den —E des Kupfers zu, beide entgegengesetzte Ewesen vereinigen sich und der —Stoff entweicht. Die elösliche oder elektrolytische Flüssigkeit, das Wasser, ist in ihre beiden Stoffe chemisch zerlegt. eine neue chemische Verbindung zwischen dem \div Stoffe (Saurstoff) und dem Stoffe der —Platte (Zinkplatte) ist gebildet.

Die chemische Vereinigung zweier Stoffe ist also nichts Anderes, als die Anziehung des \div Stoffes zu den —E. die des —Stoffes zu den $\div E$ in der Weise, dass die beiden Ewesen eines Epares nicht mehr um einander kreifen, sondern die —E dem \div Stoffe, die $\div E$ dem —Stoffe zugekehrt stehen und durch ihre gegenseitige Anziehungskraft die beiden Stoffe verbinden. Die chemische Trennung oder Zerlegung ist nichts anderes, als dass die —E des \div Stoffes durch die $\div E$ eines andern —Stoffes stärker angezogen werden, als

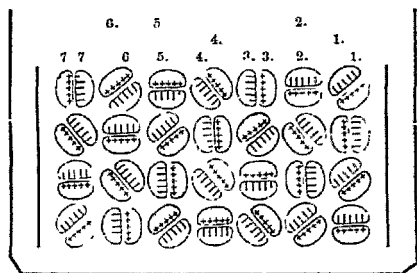
* Bezeichne n die Anzahl der in einer Sekunde durch den Leitungsdraht strömenden $\div E$, bezeichne v die Anzahl der in einer Sekunde in der Zeretzungsflüssigkeit zeretzten Körbe der elöslichen Flüssigkeit und bezeichne a die Anzahl der $\div E$, welche bei der Zeretzung eines Korbes der elöslichen (elektrolytischen) Flüssigkeit frei werden. So ist $a = \frac{n}{v}$ oder $n = va$. In dem zusammengeetzten elöslichen Korbe sind also a ($\div E$) mit a (—E) verbunden gewesen und sind also dereinst bei der chemischen Vereinigung der Stoffe $\frac{a}{2}$ ($\div E$) vom \div Stoffe zum —Stoffe und $\frac{a}{2}$ (—E) vom —Stoffe zum \div Stoffe gewandert.

durch die des bisherigen —Stoffes und dass sie sich daher von letzteren trennen und zu den ersteren begeben.

Aus diesem Grunde muss es aber auch möglich sein, selbst die stärkste chemische Verbindung durch einen kräftigen Strom zu zersetzen. Eine der stärksten chemischen Verbindungen zweier Stoffe ist die von Kalium und Sauerstoff, da beide in der Reihe der chemischen Stoffe mit am weitesten auseinander stehen. Vor Entdeckung der Ekette oder galvanischen Kette war es unmöglich, beide zu trennen und man hielt die Verbindung derselben, das Kali, für einen einfachen Stoff; aber die Ekette hat auch die Trennung dieser Verbindung bewirkt, nachdem es gelungen war, durch Verbindung mehrerer Plattenpaare dem Strome die erforderliche Stärke zu geben. Eine Reihe neuer Grundstoffe sind auf diese Weise durch die Ekette um das Jahr 1808 entdeckt. Alle chemischen Verbindungen verdanken mithin nur der gegenseitigen Anziehung der Ewelen ihr Dasein.

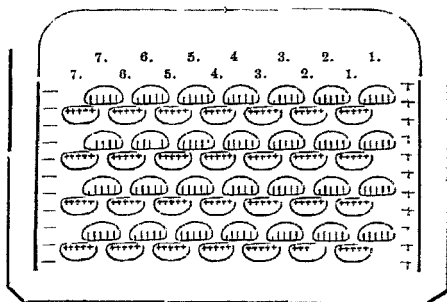
Wir haben bisher die Vorgänge in der Zerfetzungszelle so aufgefasst, als befände sich zwischen den beiden Platten nur ein Korb der zusammengesetzten Flüssigkeit. In Wirklichkeit befindet sich aber jedesmal eine grosse Reihe von Körben der zusammengesetzten Flüssigkeit zwischen den beiden Platten (vom Wasser z. B. befindet sich zwischen den beiden Platten in jeder Linie von einem Millimeter Länge eine Reihe von 3,16 Millionen Körben); dennoch wird der +Korb stets unmittelbar an der —Platte, der —Korb stets unmittelbar an der +Platte ausgeschieden. Es fragt sich, wie kommen die beiden getrennten Körbe in so weite Entfernung von einander? Da sie beide aus demselben zusammengesetzten Korbe abstammen, so muss entweder der eine getrennte Korb, der —Korb, durch die ganze Flüssigkeit nach der betreffenden Platte gewandert sein oder es muss in jedem zusammengesetzten Korbe der Flüssigkeit der —Korb mit dem des benachbarten ausgetauscht sein, bis zuletzt der letzte Korb ausgeschieden ist. Die erste Art der Wanderung hat nicht stattgefunden; denn denken wir uns etwa eine Linie über der zusammengesetzten Flüssigkeit die Kupferplatte wagerecht aufgestellt, so müsste in dem vorliegenden Beispiele der —Stoff (Wasserstoff) sich aus der Flüssigkeit erheben und seine +E an die +Platte absetzen; das geschieht aber nicht. Denken wir uns dagegen in der Zerfetzungszelle zwischen der +Platte und —Platte eine scheidende Platinplatte aufgerichtet, so scheidet sich nicht nur an der —Platte der +Stoff (Sauerstoff), an der +Platte der —Stoff (Wasserstoff) aus, sondern ebenso scheidet sich auch an der Platinplatte

auf der dem Zinke zugewandten Seite der —Stoff (Wasserstoff) und auf der dem Kupfer zugewandten Seite der +Stoff (Saurstoff) aus. Ganz daselbe geschieht an jeder Platinplatte, wie viele wir auch in die Zerfetzungszelle einführen, sofern die Ekette nur stark genug bleibt, um den Estrom zu unterhalten. Die Ausscheidung des +Stoffes an der Zinkplatte, die des —Stoffes an der Kupferplatte kommt also nur dadurch zu Stande, dass in der zerfetzbaren Flüssigkeit zwischen den beiden Platten jeder zusammengesetzte Korb sich in den +Stoff und —Stoff zerlegt und diese Stoffe sich mit dem entgegengesetzten des benachbarten Korbes chemisch verbinden.



Unregelmäßige Lagerung der Korbtröpfen in der Zerfetzungszelle vor Schließung der Ekette.

Zeichn. 24



Beginn der Zerfetzung des Korbtröpfens des Wassers in der Ekette.

Zeichn. 25.

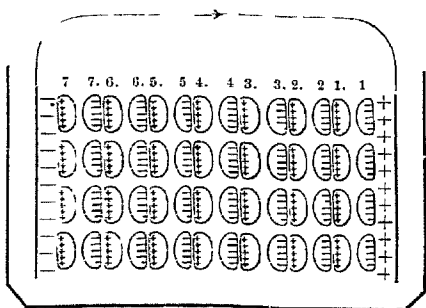
+Stoff (Saurstoff) mit dem —Zinke zu Zinkoxyd chemisch vereint. Der freie —Stoff (Wasserstoff) wendet sich mit feinen freien +E den —E der Kupferplatte zu, zieht in dem nächsten Wasserkorbe die —E des +Stoffes (Saurstoffes) an, reißt den +Stoff aus seiner bisherigen

Die Sache ist also folgende: Ehe die Ekette geschlossen wird, ist die Lagerung der Korbtröpfen eine ganz beliebige und unregelmäßige, wie in der nebenstehenden Zeichnung. Sobald aber die Kette geschlossen ist und sich in der Zerfetzungszelle an der Zinkplatte die freien +E, an der Kupferplatte die freien —E zeigen, so ziehen die freien +E der Zinkplatte die Saurstoffkörbe mit den

freien —E an. Die zusammengefügten Körbe des Wassers (H_2O) beginnen sich zu zerfetzen, wie in der nebenstehenden Zeichnung, die Saurstoffkörbe wandern der Zinkplatte, die Wasserstoffkörbe der Kupferplatte zu. Die Zerfetzung wird nun vollendet; der der Zinkplatte anliegende Wasserkorb wird in +Stoff (Saurstoff) und —Stoff (Wasserstoff) zerfetzt und der

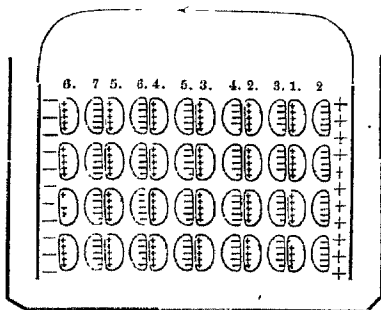
Mischung, vereint sich mit demselben chemisch und lässt statt des nächsten Wasserkorbes einen Korb des —Stoffes (Wasserstoffes) mit seinen $+E$ frei welcher nun ganz in gleicher Weise aus dem zweiten folgenden Wasserkorbe den $+Stoff$ anzieht. ihn trennt, sich mit ihm chemisch vereinigt und wieder den folgenden Korb des —Stoffes mit seinen $+E$ frei macht und sofort, bis der letzte Korb des —Stoffes (Wasserstoffes) an der Kupferplatte sich auscheidet und die freien $+E$ dieses Stoffes mit den $-E$ der Kupferplatte sich zu Eparen verbinden.

Während des Estromes oder galvanischen Stromes befindet sich also jeder Korb der zerfetzbaren Flüssigkeit in fortwährender Bewegung, und zwar in einer Schlangenbewegung. Sobald nämlich die Leitung hergestellt wird, zerfetzt sich der zusammengeetzte Korb. Der $+Korb$ (Saurstoffkorb) trennt sich von seinem —Korbe (Wasserstoffkorbe), dreht sich um 90 bis 180° , so dass seine freien $-E$ der Zinkplatte zugewandt sind, und vereinigt sich mit einem Korbe Zink. Der —Korb (Wasserstoffkorb) mit seinen freien $+E$ raubt dem benachbarten Korbtropfen den $+Korb$ und verbindet sich mit diesem zu einem neuen zusammengeetzten Korbe, und dieser dreht sich demnächst wieder um 180° , so dass der $+Stoff$ wieder der Zinkplatte zugewandt ist. Jeder einfache $+Korb$ tanzt in dieser Weise eine Kette (Chaîne), indem er sich mit jedem auf dem Wege zur $+Platte$ befindlichen —Korbe die Hand reicht oder chemisch vereinigt, bis er zuletzt bei der —Platte anlangt und sich mit dieser chemisch vereinigt. Ebenso tanzt jeder —Korb eine Kette (Chaîne) zur $+Platte$ hin, indem er sich mit jedem auf dem Wege zur —Platte befindlichen



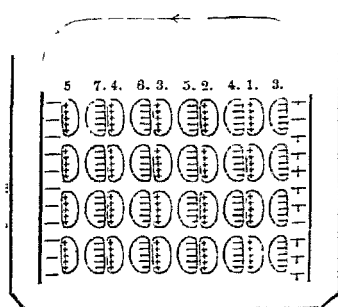
Vollendete Zersetzung; der Saurstoffkorb 1 tritt an die Zinkplatte, der Wasserstoffkorb 7 tritt an die Kupferplatte, alle zwischenliegende Korbtropfen zerfetzen sich und bilden neue Verbindungen.

Zeichn. 26



Zweite Zersetzung.

Zeichn. 27



Dritte Zerfetzung.

Zeichn. 29.

+Körbe die Hand reicht oder chemisch vereinigt. Ueberall findet in jedem Korb der Flüssigkeit zwischen den Platten Zerfetzung und neue chemische Vereinigung Statt. Es ist dies das Bild des Stromes in einer ruhenden Flüssigkeit. In der Wirklichkeit aber schwingen in jeder Flüssigkeit bereits die Körbe um einander, und wird daher der Vorgang ein viel lebhafterer und verwickelterer.*

3. Die Gefetze der E'wesen im Korb.

Die chemische Vereinigung oder die Mischung zweier Stoffe geschieht also nur durch die gegenseitige Anziehung entgegengesetzter E'wesen. Es giebt uns dies zugleich unzweifelhaften Aufschluss über die Massewesen, welche die Hülle der Körbe zusammenfetzen. Die $+E'$ und $-E'$ dieser Hüllen sind hiernach nicht-

* Anm. 1) Die zerfetzende Kraft der Zerfetzungszelle.

Sei eine chemische Verbindung, z. B. Kali (K_2O) gegeben, welche durch die Ekette zerfetzt werden soll, so nimmt man eine n zellige Kette und schaltet die Versuchszelle mit dem Kali ein. Sei nun C die Kraft, mit welcher die K_2 die O in einem Querschnitte der Versuchszelle anziehen, und sei W der Widerstand in der Versuchszelle, so ist die Stärke des Stromes J nach Anmerkung zu 17, 1

$$J = \frac{nP - C}{nR + nr + W}.$$

Es wird also die chemische Verbindung zerfetzt, wenn $nP > C$ oder wenn $n > \frac{C}{P}$.

2) Der Leitungswiderstand der Zerfetzungszelle.

Sei R dieser Widerstand, sei λ die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit in der Zerfetzungszelle, für die Länge l und den Querschnitt 1, und sei L die Länge, Q der Querschnitt der Flüssigkeit, so ist

$$R = \frac{L}{Q\lambda}.$$

3) Die Schnelligkeit der Zerfetzung.

Nach der Tafel in Nummer 13 enthält jeder Korbball Zink einen Korb Zink und wiegt 114,1 Quadrilliontel Gramm: in jedem Gramm Zink sind also 8764 Trillionen Körbe Zink enthalten. Sei nun in einer Zerfetzungszelle der Ekette (galvanischen Kette), von den Nebenströmen abgesehen, ein Gramm

Anderes als die Ewefen, welche wir beim Ether und in der Elektrizität kennen lernten, die Hüllpare der Korbhüllen find nichts Anderes als die Epäre, welche gleichfalls bei dem Ether besprochen find. Es ergibt sich daraus:

Jeder Korb besteht aus zwei Teilen: einem körperlichen Kerne, den Assen oder den Körperwefen, welche Sitz der Anziehungskraft find, und einer etherhaften Hülle, welche aus Epären zusammengesetzt ist und welche der Sitz der Abstosungskraft ist.

Sei nun der Grundstoff ein $+$ Stoff, der die $-E$ anzieht, die $+$ E abstößt. so werden in jedem Korb die $+$ Körperkerne die Epäre in der Weise anziehen, dass in jedem Epäre das $-E$ dem Körperkerne nahe, das $+$ E ihm ferne steht und wird also die Lage der Massewefen die nebenstehende sein. Bei dieser Anordnung zieht aber der Körperkern die Epäre an umgekehrt wie der Würfel der Entfernung. Die Epäre dagegen stosen sich bei dieser



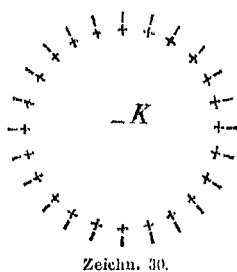
Zeichn. 29.

Zink verbraucht, so find also in dieser Zerfetzungszelle 8764 Trillionen Körbe Zink mit ebensoviele Körben Saurstoff chemisch verbunden und dadurch 8764 Trillionen Körbe Wasser (H_2O) zerfetzt, welche 8764 Trillionen Doppelkörbe Wasserstoff freigegeben haben. Da nun ein Doppelkorb Wasserstoff $3,5$ Quadrilliontel Gramm wiegt, so wiegen 8764 Trillionen derselben $0,030675$ Gramm oder liefern 342492 \square mm Wasserstoffgas.

In den Eketten (galvanischen Batterien), welche ich in meiner Galvanoplastik aufgestellt habe, liefern bei mäßigem Strome je 210 \square mm Oberfläche des Zinkes bei 4% Schwefelsäure und 300 \square mm Oberfläche des Kupfers in einem Tage 1 Gramm Kupferniederschlag. Führen wir dies auf Körbe zurück und beachten wir, dass nach Nummer 13 ein Korb Kupfer $111,1$ Quadrilliontel Gramm wiegt, so werden also durch jene Kette in einem Tage 9000 Trillionen, in einer Sekunde 104177 Billionen Körbe Kupfer niedergeschlagen und zu diesem Zwecke die gleiche Zahl Körbe des schwefelsauren Kupferoxydes CSO_4 zerfetzt. Jeder Korb schwefelsaures Kupferoxyd hat nun eine räumliche Gröse von 69836 Quadrilliontel \square mm oder einen Durchmesser von $0,51093$ Milliontel mm. An der Oberfläche von 300 \square mm Kupfer haben demnach 1149 Billionen Körbe schwefelsaures Kupferoxyd Raum, und können hier gleichzeitig zerfetzt werden. Da nun in jeder Sekunde in dieser Ekette 104177 Billionen Körbe zerfetzt werden, so müssen in jeder Sekunde an jeder Stelle 91 Zerfetzungen nach einander stattfinden, oder jede Zerfetzung erfordert in dieser Ekette an Zeit $1/91$ Sekunde $= 0,011$ Sekunde.

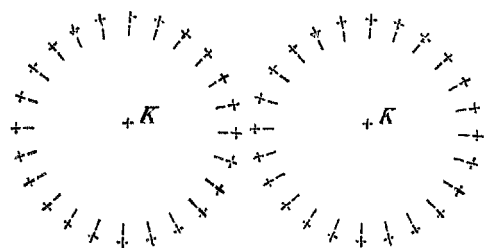
Lagerungsweise gegenseitig ab umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) ihrer Entfernung. (Beweis Ann. 1 und 2 zu Nummer 9.)

Sei der Grundstoff ein $-K$, der die $+E$ anzieht, so ist die Lagerung der Theilchen die in der nebenstehenden Zeichnung, d. h. umgekehrt als vorhin; im Uebrigen gelten aber alle Schlussfolgerungen wie bisher.



Zeichn. 30.

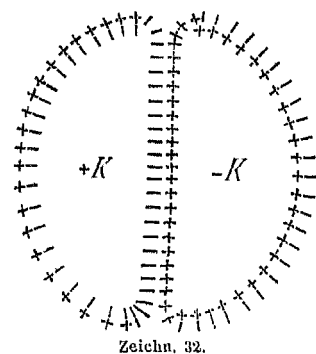
So lange nur eine Art des Stoffes vorhanden ist, lagern alle gleichartigen Wesen nach innen und ebenso nur gleichartige Wesen nach ausen. Diese aber stoßen sich ab und erzeugen die Abstosungskraft der Körbe, welche der Anziehungskraft der Körperkerne das Gleichgewicht hält.



Zeichn. 31.

Sobald nun aber zwei chemisch verschiedene

Körbe sich einander nähern, welche zu den Wesen verschiedene Beziehung haben, so zieht der $+K$ die $-E$ an, der $-K$ die $+E$. Die Epäre trennen sich, die $-E$ wandern zum $+K$, die $+E$ zum $-K$. Das Verhältniss wird das nebenstehende. Nun zieht der $+K$ die $-E$, diese die $+E$, diese den $-K$ an und diese gegenseitige Anziehung (welche ganz unabhängig von der Schwere, d. h. von der gegenseitigen Anziehung der Körperwesen des $+K$ und des $-K$ ist) ist die chemische Anziehung oder Verwandtschaft.



Zeichn. 32.

Die Gesetze der chemischen Anziehung oder Verwandtschaft sind folgende:

1. Je zwei Stoffe, welche zu den Wesen verschiedene Anziehung haben, können sich chemisch vereinigen, indem der $+K$ die $-E$, diese die $+E$, diese den

—Korb anziehen, der vereinte +Korb und —Korb bildet dann einen zusammengefügten Korb.

2. Jede zusammengefügte Flüssigkeit, in der ein +Korb und ein —Korb (der aber auch ein Doppelkorb sein kann, wie beim Wasserstoffe) vereint ist, lässt sich durch Anwendung von Eströmen zerfetzen, und zwar werden durch denselben Strom in je zwei beliebigen zerfetzbaren Flüssigkeiten gleichviel Körbe zerfetzt.

Sei a Gramme das Gewicht des in einer Sekunde zerfetzten —Stoffes, sei k das Gewicht eines Korbes des —Stoffes in Grammen und sei n die Anzahl der zerfetzten Körbe und b die Anzahl der Körbe des —Stoffes in einem Korb der zerfetzbaren Flüssigkeit, so ist $n = \frac{a}{k \cdot b}$.

3. Jeder Korb eines Grundstoffes enthält ebensoviele Epäre, wie jeder andere Korb eines Grundstoffes.
4. Bei der Mischung (chemischen Vereinigung) je zweier beliebiger Stoffe werden stets gleichviel Epäre zerlegt, oder bei der chemischen Vereinigung zieht der +Korb des einen Stoffes stets ebensoviele —E an sich, als der +Korb jedes andern Stoffes.

Es folgt dies Gesetz unmittelbar aus dem Gesetze der nzeligen Kette, dass nämlich in jeder Zerfetzungszelle von jeder beliebigen zerfetzbaren Flüssigkeit gleichviel Körbe zerfetzt werden, mithin, da auch in jeder Zelle die Zahl der zerfetzten Epäre gleich ist, so werden also auch bei der Mischung zweier Körbe stets gleichviel Epäre zerlegt.

5. Die grössere Verwandtschaft zweier Stoffe besteht darin, dass der +Stoff die —E oder dass der —Stoff die +E stärker anzieht, als bei der geringeren Verwandtschaft, und dass mithin der stärker verwandte die —E oder +E raubt und die Mischung aufhebt.

Die stärkere Verwandtschaft kann nach dem Gesetze 4 nicht in der Zerfetzung einer grössern Zahl von Epären bestehen, sondern nur in der stärkern chemischen Anziehung. Nun ziehen sich alle +E und —E in gleicher Entfernung gleich stark an, es kann mithin nur entweder der +Stoff stärker die —E, oder der —Stoff stärker die +E anziehen.

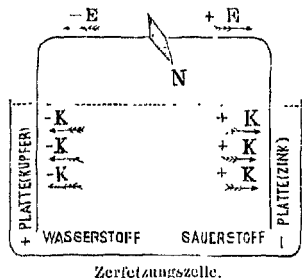
6. Gleich zusammengefügten Körbe haben in Luftarten bei gleichem Wärmegrade und gleichem Drucke gleichen

Raum, und in festen Körpern gleichweit vom Schmelzpunkte gleiche Lagerungsverhältnisse.

Dies Gesetz endlich folgt aus den bekannten Gesetzen, dass gleichviel Körbe gleich zusammengefügter Luftarten bei gleichem Wärmegrade und gleichem Drucke gleichen Raum einnehmen und dass bei Gaspaten oder Krystallen gleich zusammengefügte gleichweit vom Schmelzpunkte gleiche Gestalt zeigen.

4. Die Leitung im Leitungsdrate und der Estrom.

Es bleibt uns noch übrig die Gesetze des reinen Estromes im Drate zu untersuchen. Sobald der $-E$ in der Zerfetzungszelle an die $+$ Platte (Kupferplatte) tritt, treten auch die $+$ E des $-$ Stoffes in die $+$ Platte (Kupferplatte) und es entsteht in dem Drate, welcher die $+$ Platte (Kupferplatte) mit der $-$ Platte (Zinkplatte) verbindet, ein lebhafter Estrom, indem die $+$ E in dem Drate von der $+$ Platte zur $-$ Platte, die $-E$ von der $-$ Platte zur $+$ Platte strömen.



Zeichn. 33.

Will man die Stärke dieses Stromes mit dem in der Zerfetzungszelle vergleichen, so darf man nur in den

Drat zwei Platinplatten einführen und zwischen dieselben eine zerfetzbare Flüssigkeit bringen, so ist die Zerfetzung hier ebenso stark als in der Zerfetzungszelle, der Strom der $+$ E und $-E$ ist also in dem Drate ebenso stark wie in der Flüssigkeit.

In dem Drate findet keine Zerfetzung der zusammengefügten Stoffe, sondern nur ein Strom der Ewefen statt.* Stellen wir uns nämlich in der $+$ Platte (Kupferplatte) freie $+$ E vor, so werden diese auf die Epäre des Drates ebenso zerfetzend wirken, wie die freien $+$ E eines geladenen Sammlers oder Conductors auf die Epäre eines ungeladenen Sammlers. Die $-E$ der benachbarten Epäre treten an die freien $+$ E der $+$ Platte (Kupferplatte), die $+$ E der Epäre aber werden frei und können nun auf die $-E$ der demnächst benachbarten Epäre anziehend wirken. Alle Epäre des Drates werden auf diese Weise zerfetzt und machen ganz in gleicher Weise wie die Stoffe in der zusammengefügten Flüssigkeit einen Kettentanz (eine Chaîne), indem auf dem

* Bezeichne n , v und a dasselbe wie in der Anmerkung zu S. 192, so ist $n = va$ die Gleichung für die Stromstärke im Drate.

Wege von der +Platte zur —Platte jedes +E das —E des benachbarten Epares anzieht, von seinem +E trennt, sich mit dem —E vereinigt und nun das nächste +E, welches frei ist, es mit dem benachbarten Epare auf dem Wege zur —Platte ebenso macht.

Der Widerstand des Drates wächst mithin im Verhältnisse der Länge. Dagegen wird er um soviel kleiner, als der Querschnitt des Drates gröser wird.* Der Estrom findet also nicht allein an der Oberfläche des Drates, sondern auch im Innern des Drates statt (während die gleichartigen Reibungs-Ewesen an der Oberfläche des Erzes verbleiben). Es ist einleuchtend, dass mithin auch der Stoff, aus dem der Draht besteht, einen wesentlichen Einfluss auf die Leitungsfähigkeit des Drates üben muss. Der Estrom kann nur eintreten, wenn die freien +E die —E anziehen und aus ihrer Verbindung trennen, und ebenso die freien —E die +E. Stellen wir uns nur vor, der Stoff des Drates ziehe beide wenig oder gar nicht an, so wird dieser stete Wechsel leicht und ungehindert von Statten gehen; der Draht wird gut leiten; stellen wir uns dagegen vor, der Stoff des Drates ziehe die einen (z. B. die +E) stark an und stosse die andern (die —E) ebenso stark ab, so wird, wenn diese Anziehung stärker ist, als die der +E und der —E unter sich, gar keine Leitung stattfinden. Gute Leiter der Ewesen sind also nur diejenigen Erze, welche in der Reihe oder elektrischen Reihe der Stoffe ziemlich in der Mitte stehen, d. h. die Ewesen wenig anziehen.

Bei schlechten Leitern, welche die eine Art der Ewesen stärker anziehen, kann der Wechsel der Ewesen in dem Estrome nicht anders stattfinden, als indem der Körperkorb mit in Schwingung versetzt wird, und da die Schwingung der Körperkörbe Wärme ist, so wird ein schlechter Leiter durch den Estrom warm, und zwar genau im Verhältnisse des Widerstandes im Drahte. (Vergl. die Anmerkung zu Nummer 18.)

Da der Strom in dem Drahte ein reiner Estrom ist, so muss auch die Geschwindigkeit des Estromes im Drahte um soviel gröser sein, als die des Stoffstromes in der Flüssigkeit, wie etwa die des Lichtes gröser ist als die des Schalles, d. h. etwa 1 Million mal so

* Ann. Der Leitungswiderstand des Drates.

Sei r dieser Widerstand, sei σ die Leitungsfähigkeit des Drates bei der Länge 1 und dem Querschnitte 1, und sei l die Länge, q der Querschnitt des Drates, so ist $r = \frac{1}{q\sigma}$.

gros. In der That ist auch die Leitungsfähigkeit des Kupferdrates nach Pouillet 16 Millionen mal so gros als die der gefättigten Kupfervitriollösung, oder 4000 Millionen mal so gros als die des destillirten Wassers. Setzen wir nun die Schnelligkeit des Stromes im Drate gleich der des Lichtes oder gleich 300 Millionen Meter in der Sekunde. so würde die der gefättigten Kupfervitriollösung nur 20 Meter in der Sekunde. die des destillirten Wassers nur $\frac{1}{13}$ Meter in der Sekunde sein. Diese Angaben sind aber offenbar noch mit Fehlern behaftet. Nach den Versuchen an Telegraphen leitet der oberirdische Kupferdrat den Strom in der Sekunde 180 Millionen Meter, die unterirdische Leitung denselben in der Sekunde $1\frac{1}{2}$ Millionen Meter, d. h. $\frac{1}{120}$ so schnell. Voraussichtlich wird nun zwar der Strom in der Erde grosenteils durch Erzadern geleitet, nicht durch zersetzbare Flüssigkeiten, immer aber ist doch der Weg von den leitenden Platten der Telegraphen bis zu den Erzadern weiter als $\frac{1}{13}$ Meter und muss mithin hier ein wesentlich anderes Verhältniss obwalten. Wie dem auch sei. immer wird die Leitungsfähigkeit im Drate der des Lichtes, die in der zersetzbaren Flüssigkeit der des Schalles entsprechen und ähnliche Zahlenverhältnisse darbieten.

Anm. Die Einwände gegen die obige Darstellung.

Die obige Darstellung des Sachverhältnisses ist zuerst von mir in R. Grassmann, Körperlehre oder Atomistik, Stettin 1862 gegeben. Gegen dieselbe hat nur Herr Fechner in seiner Atomenlehre 1864. S. 238 Einwendungen gemacht, welche noch einer Widerlegung bedürfen.

a. Herr Fechner sagt a. a. O.: „Wenn die Kupferteile mehr die $-E$, die „Zinkteile mehr die $+E$ anziehen, wie kommt es dann überhaupt je zu einem „natürlichen Zustande des Kupfers und Zinks, in welchem nach Grassmann. „wie nach der gewöhnlichen Annahme $+E$ und $-E$ in gleicher Menge vorhanden sind? Das Kupfer sollte dann stets mehr $-E$. das Zink mehr $+E$ „enthalten.“

Aber, denken wir uns, es sei so. wie Herr Fechner meint. es enthalte das Kupfer mehr $-E$, so werden die freien $-E$ zwar von dem Kupfer angezogen, üben aber ihre volle Anziehungskraft auf die $+E$ aus. da sie noch nicht mit einem andern $+E$ zu dem Epore vereint und dadurch gebunden sind. wie wir dies in der Anmerkung zu Nummer 10 gesehen haben. Sie werden also freie $+E$ suchen und trotz aller Sonderung oder Isolirung nicht eher ruhen, als sie mit diesen vereinigt sind, wie uns dies die tägliche Erfahrung bei freien Ewesen auf jedem Sammler, wie in jeder Gewitterwolke zeigt. Sind dagegen in dem Kupferkorbe gleichviel $+E$ und $-E$ vorhanden und je ein $+E$ mit einem $-E$ zu einem Epore vereint, so werden die $-E$ zwar dem Kupfer näher stehen, als die $+E$, da erstere angezogen, letztere abgestossen werden; aber es werden beide Ewesen doch so lange zu einem Epore verbunden bleiben. als der Kupferkern das $+E$ trotz der grösseren Entfernung nicht stärker abstösst.

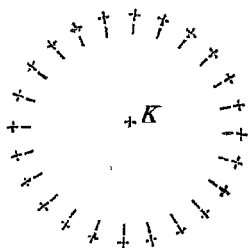
als die beiden Ewefen des Epares sich gegenseitig anziehen, d. h. als die Abstosungskraft des Kupferkernes nicht eine unverhältnissmässig grosse wird. Denn sei a die Anziehungs- bez. Abstosungskraft des Kupferkernes zu den Ewefen in der Entfernung 1, und sei b die gegenseitige Anziehungskraft der Ewefen in der Entfernung 1, sei endlich r die Entfernung des $-E$ vom Kupferkerne p die der beiden Ewefen im Epäre, so ist die Abstosungskraft des $+K$ zum $+E$

$$\frac{+K}{r} - \frac{-E \cdot +E}{p}$$

Zeichn. 34.

an $(r+p)^2$, die Anziehungskraft des $-E$ zum $+E$ $\frac{b}{p^2}$; es wird eine Trennung der $+E$ aus dem Epäre also nur möglich sein, wenn $ap^2 > b(r+p)^2$, d. h. da p gegen $r+p$ überaus klein ist, wenn a gegen b überaus gross wird. Im Innern des Körpers kommt noch dazu, dass bei allen Körben die gleichen Ewefen nach aussen stehen und sich gegenseitig abstosen, und diese Abstosung der des Körperkernes das Gegengewicht hält.

Wäre es aber auch so, dass in nächster Nähe der Kupferkern die $+E$ mehr abstiesse, als die $-E$ sie anzögen, so würde allerdings in nächster Nähe eine Sphäre von $-E$ um den Kupferkern schwingen, immer aber würde es eine Grösse von r geben, für welche $ap^2 < b(r+p)^2$ wäre. d. h. es würde der Kupferkorb aussen immer von ungetrennten Epären umgeben sein und würde also nach aussen als unelektrisch erscheinen.



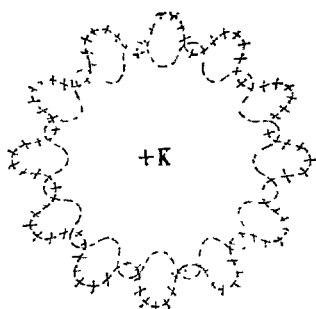
Zeichn. 35.

b. „Zugestanden auch“, sagt Herr Fechner weiter, „dass jeder Kupferkorb aussen die $+E$ habe, so wird nun um so weniger erklärlich, wie ein $+K$ -Körper, in welchem die $+E$ wefen alle nach aussen gekehrt sind, die $+E$ -Elektricität noch so leicht durch Ueberleitung aufnehmen und abgeben kann als ein $-K$ -Körper.“

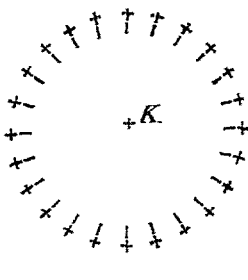
Auch dieser Einwand zeigt sich bei genauerer Betrachtung nicht stichhaltig. Denn die $+E$, welche beim Korb des $+K$ -Körpers aussen stehen, sind nicht frei, sondern sind jedes an das $-E$ seines Epares gebunden, können also nach aussen nicht wirken, und die freien $+E$, welche übergeleitet werden, nicht abstosen. da die Abstosung des $+E$ durch die Anziehung des $-E$ in dem eng verbundenen Epäre fast ganz aufgehoben wird. Ueberall giebt es ja, wie Fechner auch zugiebt, $+E$ und $-E$, die bei der Reibung der Körper nicht etwa aus dem Nichts entstehen, sondern nur hervortreten. Vor der Reibung werden sie nur nicht wahrgenommen, weil sich die $+E$ und $-E$ gegenseitig binden und deshalb nicht nach aussen frei hervortreten können.

c. „Endlich“, sagt Herr Fechner, „widerspricht der Verfasser jener Anordnung der Ewefen in festen Lagen, woraus er u. a. auch die Elasticitätsverhältnisse erklärt, durch die anderwärts aufgestellte Ansicht, dass die Ewefen jedes Epares nicht nur im Ether des Himmelsraums, sondern auch in den Körpern, angenommen im Zwischenraume zwischen chemisch differenten Körpern um einander wie die Sterne eines Doppelsterne kreifen.“

Es ist noch übrig, diese Schwierigkeit zu lösen. Allerdings stehen die



Zeichn. 36.



Zeichn. 37.

Epare um den Körperkern nicht fest, sondern es schwingen die Epare um den Körperkern und überdies die beiden Ewesen des Epares um einander. Aber dies ändert an der Sache durchaus nichts. Denn sei beispielsweise der Kreislauf wie in der nebenstehenden Zeichnung, so ist die Wirkung

genau dieselbe, als wenn die Hüllpare still standen. Die Einwendungen des Herrn Fechner haben hiemit sämtlich ihre Widerlegung gefunden.

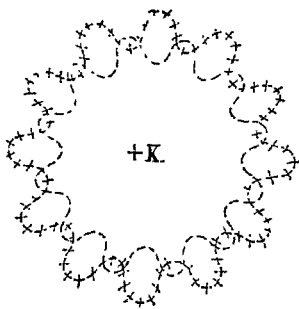
18. Das Verhältniss von Wärme und Mischung, Licht und Ekraft (Elektricität).

Wir haben in der vorhergehenden Nummer die eigenthümlichen Vorgänge bei der Mischung erklären und auf die einfachen Wesen und ihre gegenseitigen Beziehungen zurückführen gelernt. Jede Mischung oder chemische Vereinigung zweier Körper erzeugt aber Wärme. So erzeugt die Vereinigung von 1 Kgr. Wasserstoff mit 8 Kgr. Sauerstoff soviel Wärme, um 34792 Kgr. Wasser um 1° C. zu erwärmen oder die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff zu 1 Kgr. Wasser, giebt soviel Wärme, um dieses 1 Kgr. um 3866° C. zu erwärmen.

Wenn die sich mischenden Stoffe Luftarten sind, so entsteht eine Flamme; wenn dieselben vorher im Verhältnisse ihres Mischgewichtes gemengt und luftförmig sind, oder durch die Vereinigung luftförmig werden, so entsteht eine Knallflamme oder Explosion wie beim Knallgase oder beim Pulver.

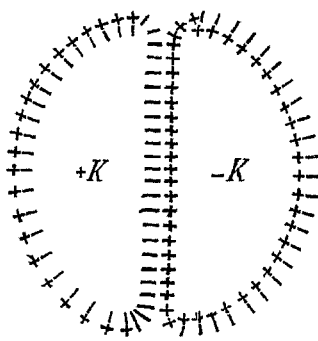
Die Wärme ist nun, wie sich aus den genauesten und allgemeingültigsten Versuchen der Physiker ergeben hat, lebhafte Hin- und Herbewegung oder Schwingung der Körbe (Atome). Diese Bewegung kann nicht aus dem Nichtse entstehen, wenn sie also bei der Mischung hervortritt, so fragt sich, woher stammt diese Bewegung oder wo ist die in der Wärme erscheinende Bewegung vor der chemischen Vereinigung der Körbe zu finden? Da die ganzen Körbe und ebenso

die Körperkerne in den Körben vor der Erwärmung nur wenig schwingen, so können es nur die in den Körben vorhandenen, aus Epären bestehenden Hüllen sein, in denen die Bewegung vor der chemischen Vereinigung stattfindet. In der That haben wir bereits mehrfach gesehen und den Beweis geführt, dass in jedem Korb jedes beliebigen Grundstoffes der Schwerpunkt des Körperkernes von einer Hülle von Epären umgeben ist und dass alle Körbe aller beliebigen Grundstoffe gleichviel Epäre enthalten, ferner dass in dieser Hülle der Epäre einmal die $+E$ und $-E$ jedes Epäres um einander kreifen, und ausserdem alle Ewesen der Hülle um den Schwerpunkt des Körperkernes kreifen und zwar mit einer Schnelligkeit, welche der des Äthers entspricht.



Zeichn. 38.

Beide Arten des Kreifens dauern nun ununterbrochen fort, sofern keine Kraft sie stört und aufhält, denn keine Bewegung kann aus sich selbst grösser oder kleiner werden. Sobald aber zwei Körbe sich chemisch vereinigen oder mischen, wird ein Teil der Epäre getrennt, das Kreifen der Epäre zwischen den beiden Körben wird gehemmt, indem der $+K$ orb die $-E$, der $-K$ orb die $+E$ fesselt, wie die nebenstehende Zeichnung zeigt. Durch die chemische Vereinigung kommt also eine Menge kreifender Bewegung zum Stillstande, nur in der Hülle des zusammengesetzten Korbes können die Epäre nach wie vor kreifen. Zwischen den beiden vereinten Körben können weder die Ewesen eines Epäres um einander, noch beide um die Kerne kreifen. Wo



Zeichn. 39.

bleibt nun diese Bewegung, denn verloren kann sie nicht gehen? Sie kann nur auf die Körperkerne übergehen, welche die Ewesen in dem Kreislaufe hemmen und festhalten und sie geht auf diese über. Mit andern Worten, sobald die beiden Körperkerne die Ewesen fesseln und der eine Kern die $+E$, der andere die $-E$ festhält, so wird jeder Kern durch die Ewesen, welche er festhält, in kreisende Bewegung oder Schwingung versetzt und zwar muss die Bewegung, welche der

Körperkern dadurch erhält. gleich fein der Bewegung. welche die Ewesen verlieren.

Bei der Mischung oder chemischen Vereinigung zweier Körbe wird die kreifende Bewegung der Ewesen. welche an die beiden Körbe treten. in kreifende Bewegung oder Schwingung der Körbe umgewandelt und diese letztere heist Wärme.

Bei den Körben derjenigen Grundstoffe. welche in der Mitte der Ereihe oder der elektrischen Reihe stehen, ist nun die Anziehungskraft der Körperkerne zu den Ewesen nur gering, und muss daher entweder die Entfernung des Schwerpunktes des Körperkernes von den Ewesen gröser sein, oder die Schnelligkeit, mit der die Ewesen um die Körperkerne kreifen. kleiner sein als bei andern Stoffen. welche eine stärkere Beziehung zu den Ewesen haben und mehr an den Enden der Ereihe stehen.

Ist nämlich die Anziehungskraft der Körperwesen eines Stoffes gegen die $+E$ (bezüglich $-E$) stark und zugleich die Abstosungskraft derselben gegen die $-E$ (bezüglich $+E$) ebenso stark. so muss. sofern die Schnelligkeit des Kreifens dieselbe bleibt, die Entfernung der Eparen von den Körperwesen geringer werden, oder soll die Entfernung gleich bleiben, so muss die Schnelligkeit zunehmen.

Auch die Wärme, d. h. die Schwingung der Körbe wird demnach um so gröser, je stärker die Anziehungskraft ist. welche die Körperwesen zu den Ewesen besitzen, oder je weiter die Grundstoffe in der Ereihe oder elektrischen Reihe von einander entfernt sind; denn je gröser diese Anziehungskraft ist, um so schneller ist auch die kreifende Bewegung der Ewesen und je schneller diese, um so gröser ist auch die Schnelligkeit, mit welcher die Körbe nach der Mischung oder chemischen Vereinigung schwingen, d. h. die Wärme.

Andererseits vermehrt die Wärme, wenn sie nicht die Körbe soweit von einander entfernt, dass dadurch die gegenseitige Einwirkung der Körbe aufgehoben wird. wie bei den Luftarten, auch die Mischung oder chemische Vereinigung. Denn da die Wärme Schwingung der Körbe ist, so werden die Körperwesen den Ewesen bald genähert, bald entfernt und können also die $+K$ örperkerne leichter die $-E$. die $-K$ örperkerne leichter die $+E$ an sich reisen und demnächst durch diese die Körbe sich chemisch vereinigen. Fast jede Mischung oder Verbrennung bedarf daher erst der entzündenden Wärme. Das Holz brennt nicht ohne den zündenden Spahn, das Pulver. das Knallgas

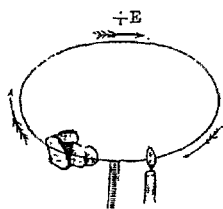
nicht ohne den zündenden Funken, der Phosphor nicht ohne die durch Reibung erzeugte zündende Wärme. Aber auch der zündende Funke, auch die zündende Wärme ist ursprünglich aus Mischung oder chemischer Vereinigung zweier Körper entstanden.

Dies führt uns auf die bewegende Kraft des Stromes der Ekette zurück. Wir haben oben den Strom der Ekette als eine Erscheinung aufgefasst, welche die Erfahrung bietet, ohne uns weiter zu fragen, wo der Grund dieser Erscheinung zu suchen sei. Denn die Trennung der Stoffe in der zersetzbaren Flüssigkeit, die Trennung der Ewesen in den Eparen des Drates, der lebendige, äusserst schnelle Strom, dies alles erfordert eine Kraft, welche diese Bewegungen erzeugt; denn aus dem Nichtse kann so wenig eine Bewegung entstehen, als eine Bewegung verloren gehen, in Nichts sich verwandeln kann. Auch bei dem Strome der Ekette aber ist es die Mischung oder chemische Vereinigung, die sich durch den Strom neu bildet, welche die Wärme und damit die Bewegung für den Strom erzeugt. So in dem Falle einer Kupferzink-Kette mit einer schwefelsauren Wasserzelle verbindet sich das Zink mit dem Sauerstoffe des Wassers zu Zinkoxyd und dieses mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyde. Dieses aber ist eine innigere Mischung als Wasser und erzeugt deshalb bei seiner Entstehung Wärme oder Bewegung. Ohne diese chemische Verbindung entsteht wohl die Neigung zum Strome, aber nicht der Strom selbst. Hiermit entscheidet sich denn auch der Streit der Physiker über Contacttheorie und chemische Theorie des Stromes. Der Contact der Metalle oder die Berührung der Erze giebt die getrennten Ewesen, die Neigung zum Strome, die Mischung oder chemische Verbindung giebt die Bewegung und damit den Strom selbst. Giebt die Mischung mehr Bewegung, als der Strom gebraucht, so erzeugt sie eine Hitze der Flüssigkeit, welche für die Nutzwirkung verloren geht. Die Bewegung des Stromes der Ekette entsteht also aus der Mischung zweier Körper und aus der dadurch erzeugten Wärme.

Umgekehrt kann auch die Bewegung des Stromes der Ekette wieder in Wärme übergehen. Je stärker in dem Leitungsrate der Estrom, je dünner der Drat bei übrigens gleicher Stärke des Stromes, je geringer die Leitungsfähigkeit des Drates, um so leichter werden auch die Körbe des Drates mit in die Schwingung der Ewesen hineingezogen, der Drat wird warm. Bei einem in die Leitung eingeschobenen kurzen Platindrath, der nur $\frac{1}{100}$ so dick ist, wie der andere Leitungsdrath, ist die Stärke des Stromes in gleichem Querschnitte 10'000 mal

so gros als in dem andern Leitungsdrate und wird daher auch die Wärme die 10'000fache werden müssen. Es wird mithin bei hinlänglicher Dünne des Drates immer auch in dem besten Leiter möglich sein, die Dichtigkeit des Stromes und die Lebhaftigkeit der Schwingungen der $+E$ und $-E$ in dem Drate so zu verstärken, dass die Körbe mit in Schwingung versetzt und dadurch warm werden. Je geringer ferner die Leitungsfähigkeit des Drates ist, um so leichter wird derselbe warm und zwar steht Wärme und schlechte Leitung in geradem Verhältnisse. Die Wärme des Körpers ist nämlich, wie wir sahen, Schwingung der Körbe. In jedem Körper, der schlecht leitet, ist aber die Anziehungskraft der Körperwesen zu der einen Art der Ewesen eine bedeutende, die Ewesen werden also auch die Körperwesen leicht in Mitschwingung versetzen, d. h. die Körbe werden warm.

Endlich kann auch durch Wärme allein ein Strom erzeugt werden. Wenn ein Ring eines Erzes, das in der Reihe (elektrischen Reihe) auf der Seite der $-$ Stoffe steht, z. B. Eisen, Zink, und das sich daher leicht mit dem Sauerstoffe verbindet oder leicht oxydirt, auf einer Stelle durch eine Flamme erhitzt wird, während es dicht daneben durch Eis gekühlt wird, so entsteht von der Flamme zum dicht daneben befindlichen Eise ein Strom der $+E$. Die $-$ Stoffe haben nämlich eine Anziehungskraft zu den $+E$, eine Abstosungskraft zu den $-E$. In dem durch Eis erkälten Teile des Drates stehen nun die Körbe dichter an einander als in dem erhitzten und ziehen daher die $+E$ stärker an, als in dem erhitzten. Die $+E$ strömen also von der Flamme zu dem dicht daneben befindlichen Eise und strömen demnächst vom Eise durch den nicht erwärmten Teil des Drates wieder zur Flamme.



Strom durch Wärme.

Zeichn. 40.

Umgekehrt wird die Erscheinung, wenn das Erz des Ringes aus einem $+$ Stoffe, z. B. Silber besteht, das sich nicht an der Luft mit Sauerstoffe verbindet, nicht oxydirt. Dies nämlich zieht die $-E$ an und es strömen mithin die $-E$ von der Flamme zum dicht daneben befindlichen Eise und von diesem durch den nicht erwärmten Teil des Drates wieder zur Flamme.

Mit der Mischung steht, wie wir in der vorigen Nummer sahen, die Escheidung oder Elektrizität, mit der Wärme steht das Licht in nächster Beziehung. Steht ein warmer Körper nicht mit andern Körpern in Berührung, so kann die Wärme durch Leitung nicht mit-

geteilt werden; dennoch findet auch in diesem Falle eine Ausbreitung der Wärme Statt. So ist die Sonne ein warmer Körper, welcher nicht mit andern Körpern in Berührung steht, sondern von einem reinen Ethermeere umgeben ist, welches keine Körperwesen enthält; dennoch breitet sich die Wärme von der Sonne durch den Ether aus und ist auf der Erde noch so mächtig, dass sie die Eisberge schmilzt, das Leben der Pflanzen erweckt und das Leben auf der Erde stets erhält.

Wärme aber ist Schwingung der Körbe, also der Körperwesen und Epäre. Soll diese durch den unwägbaren Ether sich fortpflanzen, so muss sie übergehen in reine Schwingung von Etherteilchen oder Epären. Reine Schwingung von Epären nennt man Licht. Soll also Wärme durch den Ether sich fortpflanzen, so muss die Wärme in Licht sich verwandeln. Die Wärme ist es also, welche alles Licht erzeugt, und alles Licht geht wieder über in Wärme. Beides ist Bewegung und zwar Bewegung der Wesen, aus denen die Massewelt besteht; aber Licht ist Bewegung der Epäre ohne Schwingung von Körperwesen. Wärme dagegen ist vereinte Schwingung der Epäre und Körperwesen oder Schwingung der Körbe.

Mit der Mischung verglichen ist die Wärme die Schwingung der ganzen Körbe ohne Trennung oder Vereinung ihrer Stoffe; dagegen ist die Mischung eben die Trennung oder Vereinung zweier verschiedener Stoffe, eines $+$ Stoffes und eines $-$ Stoffes. Jede solche Mischung erzeugt dann freilich, wie wir sahen, Schwingung der ganzen Körbe, d. h. Wärme.

Mit der Escheidung oder Elektrizität verglichen ist das Licht die Schwingung der Epäre ohne Trennung ihrer beiden Ewesen, der $+$ E und $-$ E; dagegen ist die Ekraft oder die Elektrizität eine Escheidung, d. h. die Trennung und Wiedervereinung dieser beiden Ewesen, des $+$ E und des $-$ E ohne Schwingung der ganzen Epäre. Wird aber diese Trennung u. f. w. so lebhaft, dass dadurch die ganzen Epäre in Mitschwingung geraten, so werden auch die Ströme der Ewesen leuchtend, so im Funken der Ewesen oder im elektrischen Funken, so bei starker Luftverdünnung, wo diese Schwingung ungehemmt und leichter eintreten kann, wie z. B. beim Nordlichte, so beim Glühen der Drähte und Kohlenspitzen bei der elektrischen Beleuchtung.

Licht und Escheidung entstehen aus Wärme und Mischung, aber Licht und Escheidung können auch Wärme erzeugen, oder auch Mischung. So erzeugt das Licht in verschluckende Körper eindringend die Wärme, so in photographische Körper eindringend die Lichtbilder

oder Photographien, so in grüne Blätter eindringend die Umwandlung der rohen Pflanzenstoffe in Nährstoffe, und wirkt also chemisch vereinigend oder trennend.

Anmerkungen.

1) Die Entstehung der Wärme.

Die Wärme ist Arbeit oder Bewegung, bei welcher die Körperwesen mit ihren Ewesen gemeinsam schwingen. Sei die Masse der Körperwesen eines Korbes M , die seiner Ewesen m , die Schnelligkeit während der Wärmeschwingung S_1 , so ist die Arbeit des Korbes $S^2(M + m)$, oder da m gegen M sehr klein, S^2M .

Sei nun m_1 die Masse der Ewesen, welche durch die chemische Verbindung zum Stillstande kommen, und s ihre frühere Schnelligkeit, so ist die frühere Arbeit derselben s^2m_1 , und da diese in die Arbeit der Wärme übergeht

$$S^2M = s^2m_1.$$

Hier ist M bekannt, die andern Größen aber sind zur Zeit noch unbekannt.

2) Die Schnelligkeit des Kreislaufes der Ewesen im Korb.

Sei a_1 die Anziehungskraft der Körperwesen eines Korbes gegen seine Ewesen, sei a_2 dieselbe Kraft bei einem zweiten Korb und seien s_1 und s_2 die entsprechenden Schnelligkeiten, so ist nach Ann. 4 zu No. 8. wenn wir die Entfernung der Ewesen von den Körperwesen gleich setzen, da die Masse der Ewesen stets gleich ist, auch

$$s_2 = s_1 \sqrt{\frac{a_2}{a_1}}$$

und die Schnelligkeit wird um so größer, je näher die Körper in der Reihe zu den Grenzen rücken.

3) Die Erhitzung des Leitungsdrates durch den Estrom.

Bezeichne J die Stärke (Intensität) des Estromes, W den Widerstand in dem zu erheizenden Drate, T seine Wärme, so ist $T = aJW$, wo a eine Unveränderliche (Constante). Sei aber q der Querschnitt, d die Leitungsfähigkeit

des Drates, so ist $W = \frac{1}{qd}$ also $T = \frac{aJ}{qd}$.

19. Die Polkraft oder der Magnetismus.

Wir haben in der bisherigen Untersuchung alle Erscheinungen des Körperlebens oder der Physik kennen und erklären gelernt bis auf die Erscheinungen des Magnetismus, zu denen wir hiermit übergehen. Auch hier führen wir die allgemein anerkannten und für alle Zeiten festgestellten Gesetze der Lehre vom Magnetismus nur so weit an, als es für den vorliegenden Zweck erforderlich ist.

Der Magnetismus oder die Polkraft* ist die Kraft, welche die Pole der Erde und der Polnadel ausüben. Wenn man einen langen Eisenstab mit dem einen Ende nach dem Nordpole der Erde richtet und mit einem Hammer schlägt, so erhält der Stab Pole oder Magnetismus. Der Stab heist dann ein Polstab oder Magnetstab, das nach dem Nordpole der Erde gewandte Ende sein Südpol (meist irrthümlich Nordpol genannt) das entgegengesetzte Ende sein Nordpol.**

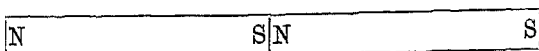
Bestreicht man eine Stahlnadel mit einem Polstabe, so erhält sie selbst Pole und heist, wenn sie beweglich aufgehängt wird, eine Polnadel oder Magnetonadel. Mit Hülfe solcher Polnadeln ist es leicht,

* Das Wort Magnetismus stammt bekanntlich von der asiatischen Landschaft Magnēsia ab; der magnetische Stein und ausserdem eine Talkart hiesien bei den Griechen deshalb lithos magnētēs oder magnētios (der erstere hies früher auch lithos hērakleia). Von diesem Namen haben nun die neueren Gelehrten, welche Latein schrieben, durch Anhängung der griechischen Silbe mós, welche übrigens nur von Verben ableiten darf, das barbarische Wort magnētismós gebildet, welches dem Wesen der Sache ganz fremde bleibt. Der Magnetismus ist nun aber nichts als eine Wirkung der Eströme. Lassen wir einen Strom der $\pm E$ in einem Drate um einen Eisenstab kreifen, so wird der Eisenstab magnetisch, er erhält wie die Erde zwei Pole. Das Eisen ist dann also ein Poleisen. Den Magneten nenne ich demgemäs das Poleisen, den Magnetstab nenne ich Polstab, die Magnetonadel Polnadel. Das Wort Pol ist aus dem Griech. pólos entlehnt; dies Wort stammt höchst wahrscheinlich aus dem Urverb par, sskr. par, griech. petrō für párō, goth. fara, nhd. fahre, das fahre, bewege mich bedeutet. Im Griech. ist davon die Nebenform pelō, bewege, rege mich gebildet, von dem pólos abgeleitet ist. Das Wort bezeichnet die Achse, d. h. die Linie, um die sich etwas dreht, sowie den Pol, d. h. den Punkt, um den sich etwas dreht, namentlich die Achse und Pole der Erde. Polstab bezeichnet also sehr passend den Stab, um den sich ein Estrom bewegt und entspricht bei der Erde, wie beim Polstabe und der Polnadel genau der Idee des Vorganges.

** Das Gesetz der Pole ist, entgegengesetzte Pole ziehen sich an, gleiche stossen sich ab. Dennoch nennt man fehlerhafter Weise gewöhnlich den Pol der Polnadel, welcher nach Norden zeigt, den Nordpol der Nadel, während doch nur der Südpol der Nadel von dem Nordpole der Erde angezogen werden kann. Diese fehlerhafte Benennung muss man aufgeben, man muss den Pol der Nadel, der nach dem Nordpole der Erde zeigt, den Südpol nennen. So habe ich es getan. Bei der Erde heist ferner der Pol, welcher von dem Estrome der mit der Sonne um die Erde kreisenden $\pm E$ rechts liegt, der Nordpol, und Niemand wird dies ändern wollen, in gleicher Weise muss also auch bei jedem Estrome der von dem Strome der $\pm E$ rechts liegende Pol der Nordpol genannt werden (nicht aber Südpol, wie dies gewöhnlich geschieht). Nur wenn man diese richtige Bezeichnung streng durchführt, ist der Verwirrung zu steuern.

die Gesetze der Pole zu ermitteln. Die Gesetze der Pole oder des Magnetismus sind folgende:

Jeder Polstab (Magnetstab) hat zwei Pole: einen Nordpol und einen Südpol. Gleiche Pole stoßen sich ab, entgegengesetzte ziehen sich an.



Zeichn. 41.

Der Südpol einer Polnadel zeigt in der nördlichen Halbkugel nach dem Nordpole der Erde; der Nordpol einer Polnadel zeigt in der südlichen Halbkugel nach dem Südpole der Erde.

Nähert man das Ende einer beliebigen Eisenstange dem Pole (z. B. Nordpole) eines Polstabes, so erhält das genäherte Ende der Eisenstange den entgegengesetzten (hier Südpol), das entfernte Ende den gleichen Pol (hier Nordpol). Entfernt man das Eisen wieder, so verliert es seine Pole.

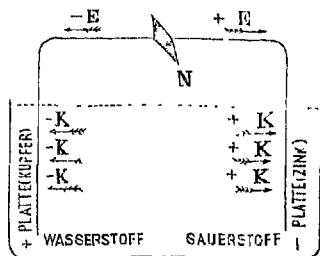
Die Polnadel hat seit ihrer Erfindung auf die Schifffahrt und damit auf den Verkehr und das Leben der Menschen den größten Einfluss ausgeübt und daher die Aufmerksamkeit der Menschen stetig auf sich gezogen; dennoch blieben diese Erscheinungen dunkel, bis die Entdeckung der Kette oder elektrischen Kette plötzlich Licht in das Dunkel brachte und das Wesen der Polnadel uns offenbarte.

Lässt man nämlich zwei Eströme (elektrische Ströme) auf einander wirken, von denen der eine beweglich ist, so ziehen sich gleichlaufende Eströme an und stoßen sich gegenlaufende ab. Es ist dies eine Erscheinung, welche Ampère in seiner Theorie der Elektrodynamik ausführlich erörtert und berechnet hat. Es wird hier nicht erforderlich sein, in das Einzelne dieser Berechnungen einzugehen, es genügt hier die Anführung des einfachen Gesetzes der Anziehung von Eströmen:

Gleichlaufende Eströme oder elektrische Ströme ziehen sich an, gegenlaufende stoßen sich ab.*

* Die mathematische Behandlung dieses Gesetzes ist von meinem Bruder, dem Professor Hermann Grassmann, in Poggendorff Annalen 1845 Bd. 64 S. 1 und demnächst vom Prof. Clausius in Crelle, Journal für Mathematik, Bd. 82 S. 85 und in Poggendorff Annalen, Neue Folge Bd. 2 S. 118 und von meinem Bruder in Crelle, Journal für Mathematik, Bd. 83 S. 67 in ganz entsprechender Weise gegeben und kann ich mich hier darauf beziehen.

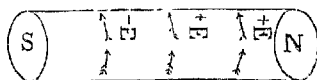
Jeder Estrom oder elektrische Strom zieht aber nicht nur den gleichlaufenden Estrom an und stößt den gegenlaufenden Estrom ab, sondern er übt auch eine ähnliche Wirkung auf eine Polnadel. Leitet man nämlich einen Leitungsdrat über eine Polnadel fort, so stößt der Strom der $+E$ den Nordpol der Nadel nach rechts ab, und ist die Stärke der Ablenkung ein Maß für die Stärke des Stromes. Kehrt man den Estrom um, so kehrt sich auch die Nadel um. Leitet man den Estrom unter der Nadel fort, so erfolgt die Ablenkung in beiden Fällen in entgegengesetzter Richtung.



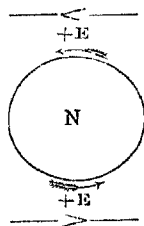
Zeichn. 42.

Ganz dasselbe geschieht aber auch, wenn man statt der Polnadel einen Stab beweglich aufhängt, um den ein Drat schraubenartig gewunden ist, und nun durch den Drat einen Estrom leitet. Der $+E$ Strom des Schraubendrates stellt sich gleichlaufend mit dem $+E$ Strom in dem obern Leitungsdrate, und der Stab steht senkrecht zu dem Leitungsdrate. Kehrt man in dem obern Leitungsdrate den Strom um, so kehrt sich auch der Stab mit dem Schraubendrate um. Leitet man den Estrom unter dem Stabe fort, so erfolgt die Ablenkung in beiden Fällen auch in entgegengesetzter Richtung.

Der Stab mit dem Schraubendrate verhält sich also ganz wie eine Polnadel. Man wird sich also nur jeden Polstab als einen Stab vorzustellen haben, um den Ströme der $+E$ kreifen und in dem der Nordpol rechts, der Südpol links von diesen Strömen liegt, wie die nebenstehende Zeichnung zeigt. Auch in diesem Falle wird nämlich der über dem Polstabe fortgehende Strom der $+E$ den Stab so ablenken, dass beide Ströme, der in dem Drate und der um den Stab, gleichlaufend werden, d. h. dass der Nordpol nach rechts abgelenkt wird, und wird der entgegengesetzte Estrom auch den Stab entgegengesetzt stellen. Ebenso wird in beiden Fällen der unter dem Stabe fortgehende Strom der $+E$ entgegengesetzt wirken, wie der über dem Stabe fortgehende Strom, da die Richtung des um den Stab kreifenden Estromes oben und unten entgegengesetzt ist, wie die nebenstehende Zeichnung zeigt.

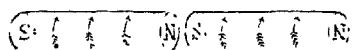


Zeichn. 41.

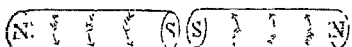


Zeichn. 41.

Ebenso folgt aus dieser Vorstellung der Sache leicht, dass sich entgegengesetzte Pole anziehen, gleiche abstossen: denn nur,



Zechn. 15.



Zechn. 46.

wenn man zwei Polstäbe so aneinander setzt, dass der Nordpol des einen den Südpol des andern berührt, kreifen in den beiden Polstäben die Eströme nach derselben Richtung und ziehen sich daher an. Berühren sich dagegen gleiche Pole, so kreifen diese Eströme nach entgegengesetzten Richtungen und stossen sich daher ab.

Die Erscheinung der Pole oder der Magnetismus ist also nach dieser Vorstellung nichts Anderes als die anziehende und abstossende Kraft der Eströme und sind die Pole selbst nichts, als die Pole der Achse, um welche die Eströme kreifen, oder als die Strompole. Es wird die Richtigkeit dieser Vorstellung unzweifelhaft dargestellt sein, wenn es gelingt, durch Eströme Pole in Stäben zu erzeugen und umgekehrt durch Pole Eströme hervorzurufen. Beides aber ist den Physikern bereits gelungen.

Wenn man nämlich einen durch Seide abgeforderten oder isolirten Drat in vielfachen Windungen um eine hohle Walze windet, Eisenstäbe in die Walze steckt und nun einen Estrom durch den Drat leitet, so erhalten die Eisenstäbe plötzlich Pole; die Pole kehren sich um, wenn man den Estrom umkehrt. Die Anziehung der Pole wird stärker, je stärker der Strom, sie hört auf, wenn der Estrom entfernt wird.

Das Gesetz für die Erzeugung der Pole ist folgendes:

Jede Umwindung des Drates, gleichviel ob sie eng oder weit ist, erzeugt, sofern sie von den Enden der Eisenstäbe entfernt liegt und die Stärke des Estromes gleich bleibt, gleichviele Anziehung bez. Abstossung der Pole, und zwar liegt, wenn man mit dem Strome der +E schwimmt, das Gesicht der Walze zugewandt, der Nordpol rechts, der Südpol links.

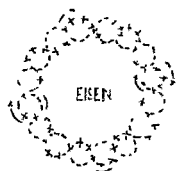
Es ist ein Leichtes, auf diesem Wege die stärksten Polstäbe oder Magnete zu erzeugen und kann man dadurch jeden Stahlstab in kurzem Zeitraume in einen bleibenden Polstab umwandeln.

Ebenso kann man aber auch durch einen Polstab Eströme erzeugen oder rufen. Wenn man nämlich ganz in obiger Weise

einen durch Seide abgeforderten Drat um eine hohle Walze windet und die freien Enden dieses Drates so verbindet, dass man jeden Estrom in dem Drate leicht beobachten kann (z. B. durch die Schläge, welche er im Leibe des Menschen erzeugt, oder durch eine Polnadel), wenn man demnächst Eisenstäbe in die hohle Walze steckt und nun in diesen Eisenstäben durch einen berührenden Polstab Pole erzeugt, so geht durch den Drat im Augenblicke, wo die Pole in den Eisenstäben entstehen, ein heftiger Estrom von kurzer Dauer und ebenso im Augenblicke, wo die Pole in den Eisenstäben aufhören. Der erste ist den Eströmen in den Eisenstäben gegenlaufend, der zweite ihnen gleichlaufend.

Ganz dasselbe erhält man, wenn man in die hohle Walze statt der Eisenstäbe eine dünne Walze steckt, um welche ein durch Seide abgeforderter Drat vielmal gewickelt ist und nun durch diesen Drat Eströme leitet. Im Augenblicke, wo der Estrom im innern Drate beginnt, erscheint im äusern Drate der entgegengesetzte Estrom von kurzer Dauer; im Augenblicke, wo der Estrom im innern Drate aufhört, erscheint im äusern Drate der gleichlaufende Estrom von kurzer Dauer. Man nennt diese Eströme von kurzer Dauer gerufene oder inducirte Eströme.

Die Polkraft oder der Magnetismus ist also nichts Anderes als die anziehende oder abstosende Kraft der Eströme, welche um den Polstab kreifen. Die Frage ist nur noch, wie sollen wir uns die Eströme um die Eisenstäbe und um die Erde denken, sind es Eströme, welche um die ganzen Stäbe, oder sind es Eströme, welche um die einzelnen Körbe der Stäbe kreifen? Die Erfahrung giebt uns auch auf diese Frage befriedigende Antwort. Nicht jeder Stab erhält, in die hohle Walze gesteckt, durch den Estrom des Drates zwei Pole; diese Fähigkeit, Pole zu erhalten, kommt im Gegenteile nur wenigen Stoffen zu, nämlich dem Eisen, Nickel und Kobalte. Die Eströme, welche in den Polstäben kreifen, haben also eine wesentliche Beziehung zu den Stoffen, d. h. zu den Körben, aus denen sie bestehen. Da die Eströme aber reine Eströme sind, so kreift kein Korb, kein Körperkern, sondern einzig und allein kreifen die beiden Arten der Ewefen in jedem Korb und zwar beide Arten in entgegengesetzter Richtung im Ketten-

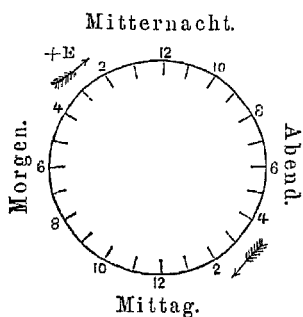


Zeichn. 47.

Es kann hienach keinem Zweifel unterliegen, dass die Eströme der Polstäbe Ströme sind, welche die Ewefen jedes Korbes um den Kern des Korbes beschreiben. Kreifen alle diese Korbströme gleichlaufend um die Körbe, so werden sie alle in gleichem Sinne wirken und sich zuftügen oder addiren. Die Polkraft des Stabes ist dann die Summe aus den Wirkungen aller Korbströme des Stabes. Die mathematische Theorie der Polachse (magnetischen Achse) beweist überdies die Richtigkeit der Annahme von Korbströmen.

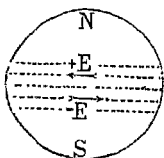
Schwieriger ist es bei der Erde zu bestimmen, welcher Art die Eströme sind, welche die Polkraft (den Magnetismus) der Erde erzeugen. Die Eigenschaft der Wärme, einen Estrom zu erzeugen, führt uns indessen auch zu der Erklärung der Polkraft oder des Magnetismus der Erde. Wir fahen, dass in einem eisernen Ringe, der sich gerne mit dem Saurstoffe verbindet, ein Strom der $+E$ von der heisesten Stelle einer Flamme zu der nächst benachbarten kalten Stelle einem Eisballe führt. Die Erdschale stellt uns nun einen Ring dar, in welchem das Eifen, ein $-$ Stoff, der sich gern mit dem Saurstoffe verbindet,

vorwaltet. Die Sonne ist die Flamme, die nächtliche Abkühlung das Eis. Die größte Kälte findet Morgens bei Sonnenaufgange um 6 Uhr, die größte Hitze durch die Sonne nur 8 Stunden später, Nachmittags 2 Uhr Statt. Es wird also ein Strom der $+E$ von Mittag nach Morgen, d. h. von Ost nach West um die Erde kreifen. Dieser Strom der $+E$ aber wirkt auf alle Eifenadern der Erde und verwandelt jede solche Ader in einen Polstab oder Magneten, gerade, wie der um eine hohle Walze geleitete Strom der $+E$ die Eifenstäbe in der Walze in Polstäbe verwandelt.



Estrom der Erde durch die Sonnenwärme.

Zeichn. 48.

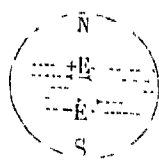


Die Polkraft der Erde.

Zeichn. 49.

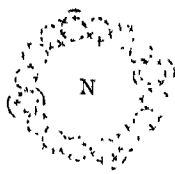
Alle diese Polstäbe der Eifenadern aber bilden zusammengefasst den Erdpol und zwar ist der Nordpol rechts vom Estrome. Die Richtigkeit dieser Erklärung über die Entstehung der Polkraft der Erde wird übrigens durch die Tatsache bewiesen, dass die Linien gleicher Polkraft oder magnetischer Kraft mit den Linien gleicher Wärme oder den Isothermen auffallend im Laufe übereinstimmen.

Jeder mit Polen begabte Eisenkorb kann hiemach wie eine kleine Erdkugel betrachtet werden, um welche ein Estrom der $+E$ von Ost nach West kreift und dadurch einen Nordpol und Südpol in dem Korb erzeugt. Der Ring der um den Korb kreifenden Ewesen stellt dann den Gleicherring oder Aequatorialring des Korbes dar. Die Polkraft oder der Magnetismus gewährt uns hierdurch einen tiefen Einblick in den Bau der sichtbaren Körperwelt.



Achsenansicht des Eisenkorbes.

Zeichn. 50.

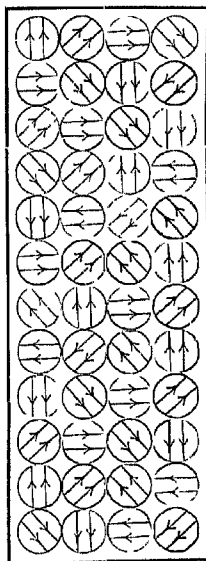
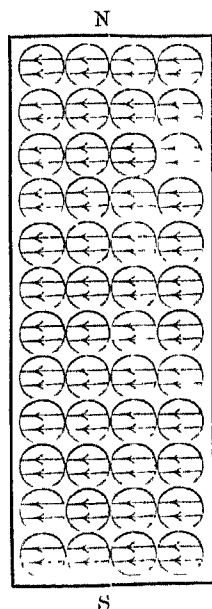


Gleicherring des Eisenkorbes.

Zeichn. 51.

Um jeden Eisenkorb kreift, wenn er durch Eströme erregt wird, ein Weststrom der $+E$, ein Oststrom der $-E$ in schnellem Wirbeltanze, der Schnelligkeit des Lichtes oder der des Estromes im Kupferdrate entsprechend, jedes $+E$ mit jedem $-E$ sich einend und trennend in schnellem Kettentanze oder Chaîne. Jeder Eisenkorb erhält dadurch zwei Pole, einen Nordpol und einen Südpol.

Aber in dem weichen Eisen lagern sich die Achsen dieser Eisenkörbe in beliebigen Richtungen, kreifen die Ströme in verschiedensten Ebenen und tritt daher keine Polkraft hervor. Sobald aber starke Eströme (z. B. eines unwundenen Drates oder eines berührenden Polstabes) die kleinen Korbströme anziehen, ordnen sich die Korbströme gleichlaufend und der Eisenstab wird plötzlich ein Polstab, und zwar, wenn, wie beim Stahle, die Anordnung der Körbe eine bleibende ist, so bleibt die

Lagerung der Körbe im Stabe weichen Eisens ohne Polkraft.
Zeichn. 52.Lagerung der Körbe in einem Polstabe.
Zeichn. 53.

Polkraft, wenn wie beim weichen Eisen die Anordnung veränderlich ist, so verliert sich die Polkraft.

Jeder Korb eines beliebigen Grundstoffes enthält nun wie wir oben sahen, ebensoviele Epäre, wie jeder andere, also auch wie jeder Eisenkorb.

Auch jeder Korb eines beliebigen Grundstoffes ist, wie der Eisenkorb von einer Hülle von Ewefen umgeben und zwar enthält er genau soviel $+E$ und ebensoviel $-E$ als jeder Eisenkorb.

Nur diejenigen Erze, welche in der Ereihe oder elektrischen Reihe der Grundstoffe nahe in der Mitte stehen, d. h. welche zu beiden Arten der Ewefen nur geringe Anziehungs- und Abstosungskraft haben, sind, wie wir oben sahen, gute Leiter der Eströme. Auch nur die in der Mitte der Ereihe stehenden Erze können Polkraft haben oder magnetisch werden; denn sollen Eströme um den Korb des Erzes kreifen, so müssen die $+E$ und $-E$ sich verbinden und trennen, ohne durch die Anziehungs- oder Abstosungskraft der Körperwefen behindert zu werden.

Anmerkungen.

1) Die Stärke der Polkraft bei n Umwindungen.

Bezeichne P die erregte Polkraft in den Eisenstäben, a eine Unveränderliche (Constante), n die Anzahl der Umwindungen, J die Stärke (Intensität) des Estromes, so ist

$$P = anJ.$$

2) Die Polkraft eines Polstabes bei N gleichgelagerten Eisenkörben.

Bezeichne P die Polkraft des Stabes, a eine Unveränderliche (Constante), N die Anzahl der gleichgelagerten Körbe, i die Stärke (Intensität) eines einzelnen Korbstromes, so ist $P = aNi$.

20. Die einfachen Wefen im Korbe.

Wir haben im Obigen die Körbe in eine Anzahl einfacher Körperwefen und Ewefen zerlegt und kommen nun zu der Untersuchung der Frage, wie wir uns diese einfachen Wefen im Korbe zu denken haben.

Sind die einfachen Wefen im Korbe räumlich ausgedehnte Wefen oder sind es reine Punktwefen? Die Physiker älterer Schule haben sich die Körbe (Atome) selbst als ausgedehnte, stetig mit Masse erfüllte Wefen vorgestellt, sie haben die verschiedensten

Gestalten und Größen für diese Körbe erdichtet, um daraus die Mannigfaltigkeit der Wesen und die Verschiedenheiten der Krystallgestalten zu erklären. Wie wir bewiesen haben, war diese Vorstellung unrichtig; aber diese Herren werden es vorziehen, auch für die einfachen Wesen eine räumliche Ausdehnung anzunehmen. Die Physiker neuerer Schule dagegen bestreiten jede Ausdehnung der einfachen Wesen; sie lehren, dass die einfachen Wesen nur in einem Punkte seien, also einfache Punktwesen seien, welche der Sitz von Kräften seien, welche diese Punktwesen in endlichen Entfernungen von einander halten. Da die beiden Ansichten unvermittelt sich gegenüberstehen, so müssen wir die Sache hier wissenschaftlich untersuchen und entscheiden.

Wir wollen also zunächst mit den Physikern älterer Schule eine räumliche Ausdehnung für die einfachen Wesen annehmen. Dann gilt von diesen einfachen Wesen Alles, was wir bei den Körben in Nummer 16 dieses Buches bewiesen haben. Man kann dann Oberfläche und Inneres an diesen Wesen unterscheiden, auch muss dann an der Grenze des ausgedehnten Wesens eine Abstosungskraft herrschen, welche jedem fremden Wesen den Eintritt in den Raum des Wesens verwehrt, kurz, das einfache aber ausgedehnte Wesen kann dann nicht einfach, sondern muss zusammengesetzt sein, genau wie ein Korb mit einem anziehenden Wesen in der Mitte und einer Sphäre von Eparen an der Oberfläche, kurz, das einfache Wesen ist dann nicht einfach, sondern ein Korb, in dem die verschiedensten Wesen noch neben einander wirken. Zu einem den Raum stetig erfüllenden Wesen kommen wir auch in diesem Falle nicht und können nicht dazu kommen, wie dies in Nummer 16 ausführlich bewiesen ist. Die Anmerkung 1 giebt übrigens noch besonders den Beweis, dass die Annahme stetig den Raum erfüllender ausgedehnter Wesen unmöglich ist.

Jeder Korb ist also entweder wieder aus Körben zusammengesetzt, von denen jeder noch die verschiedensten Wesen im Raume neben einander enthält, oder er ist schliesslich von wahrhaft einfachen Wesen zusammengesetzt, die nicht mehr Teile neben einander im Raume haben und diese einfachen Wesen sind daher einfache Punktwesen, welche nur einen Punkt des Raumes einnehmen. Alles Zusammengesetzte muss aber in seinen letzten Teilen aus Einfachem zusammengesetzt sein. Auch die zusammengesetzten Massewesen müssen also in ihren letzten Teilen aus einfachen Wesen oder Punktwesen zusammengesetzt sein. Die Anmerkung 2 giebt den

Nachweis, wie die Annahme der Punktwesen sich geschichtlich entwickelt hat.

Die einfachen Körperwesen sind es nun, welche den Kern im Korbe bilden und sich gegenseitig anziehen. Ob in dem Korbe der Grundstoffe noch einer oder mehrere Körbe enthalten, ob in dem chemisch einfachen Korbe einer oder mehrere einfache Körperwesen enthalten sind, das lässt sich zur Zeit nicht feststellen. Wenn aber im Korbe mehrere einfache Körperwesen enthalten sind, so werden dieselben unzweifelhaft um den gemeinsamen Schwerpunkt kreifen. Die Anmerkung 3 giebt die Gesetze für die Kreisbahn dieser Körperwesen.

Die Epäre, welche die Hülle des Korbes bilden, sind jedes zusammengesetzt aus einem Pare einfacher Ewesen, einem $+E$ und einem $-E$, welche sich gegenseitig anziehen. Der Abstand der beiden Ewesen im Epäre ist die Wirkung ihres Kreislaufes, oder der Schnelligkeit, mit welcher sie um einander kreifen. Würde diese Schnelligkeit Null, so würde auch der Abstand der beiden Ewesen oder die Gröse der Epäre Null sein. Können wir dagegen die Gröse der Epäre bestimmen, so können wir dadurch auch die Schnelligkeit ihres Kreifens ermitteln. Leider ist uns zur Zeit sowohl die Masse oder das Gewicht der Ewesen, als auch die Gröse der Epäre noch unbekannt. Die Anmerkung 4 weist nach, wie weit wir bis jetzt diesen Fragen nahe treten können.

Ann. 1. Die einfachen Punktwesen im Korbe (Atome).

a. Die Annahme stetig den Raum erfüllender ausgedehnter Wesen ist eine Unmöglichkeit.

Für die Körbe ist im Texte der Nummer der Beweis geführt, dass sie nicht aus stetig den Raum erfüllenden Wesen, sondern aus einer endlichen Zahl in bestimmter Entfernung stehender höchst verschiedener Wesen bestehen müssen. Hier soll der Beweis geführt werden, dass auch die einfachen Wesen, die Monádes oder die wirklich unteilbaren *Átomoi* keine Ausdehnung haben können.

Jede ausgedehnte Gestalt hat verschiedene Raumteile, eine Oberfläche und ein Inneres, hat die drei Ausdehnungen des Raumes, kurz hat, wie klein man die Ausdehnung auch annehmen möge, unendlich viele Teile oder Punkte in sich. Ein Wesen, das Ausdehnung hat, ist mithin, weit entfernt unteilbar und einfach zu sein, aus unendlich vielen Teilen zusammengesetzt. Mag es dem Menschen mit seinen Werkzeugen auch unmöglich sein, es weiter zu teilen; begrifflich, räumlich hat es doch Teile und bleibt teilbar. Jedenfalls ist es schlechthin unwissenschaftlich, die Unteilbarkeit eines solchen Wesens zu behaupten; denn wer kann wissen, ob es nicht später noch den Menschen gelingt, es zu teilen, wer kann behaupten, dass es unmöglich sei, dass das

also Zusammengesetzte nicht dereinst zerfallen und in seine unendlichen Teile zerstieben könne? Kurz die Unteilbarkeit eines solchen Wesens kann Niemand beweisen. Dagegen ist es ganz leicht, die Teilbarkeit eines solchen Wesens nachzuweisen. Schon der Mensch mit seinem Geiste kann es begrifflich, kann es räumlich teilen, Gott aber mit seinem allmächtigen Geiste kann es auch wesentlich zerteilen. Jedes ausgedehnte Wesen ist mithin zusammengesetzt aus einfachen Wesen; die wahren einfachen Wesen aber haben keine Ausdehnung, sondern sind nur einfache Punktwesen, welche nur einen Punkt des Raumes einnehmen.

Die Annahme: die letzten Teile der Wesen sind ausgedehnte Teilchen, in denen die Masse stetig den Raum erfüllt, bietet aber auch in anderer Beziehung die bedenklichsten Schwierigkeiten dar und zeigt, wie verwickelt und unmöglich diese Annahme ist. Jedes zusammengesetzte Wesen hat nämlich ein bestimmt wägbares Gewicht, jeder Teil des zusammengesetzten Wesens hat ebenso sein bestimmtes Gewicht; also auch der letzte Teil, in den man das zusammengesetzte Wesen zerlegen kann, hat sein bestimmtes Gewicht. Ist dieser letzte Teil nun ein einfaches Urwesen, und ist jedes endliche Wesen aus einer endlichen Zahl solcher Urwesen zusammengesetzt, so ist es leicht, das Gewicht des einfachen Urwesens zu bestimmen, wenn man die Zahl der Urwesen kennt, welche das zusammengesetzte Wesen zusammensetzen; denn sei a Gramme das Gewicht des zusammengesetzten Wesens, m die Zahl der Urwesen, die es zusammensetzen, so ist das Gewicht des einfachen Urwesens $\frac{a}{m}$ Gramme. Ist dagegen der letzte Teil des zusammengesetzten Wesens selbst stetig aus unendlich vielen unendlich kleinen Wesen zusammengesetzt, so lässt sich gar nicht ersehen, wie aus den unendlich vielen Gewichten der unendlich kleinen Wesen ein endliches Gewicht des zusammengesetzten Wesens entstehen soll und kommt man sachlich wie begrifflich zu den grössten Widersprüchen. Denn setzt man das Gewicht des unendlich kleinen Wesens gleich einer auch noch so kleinen endlichen Gröse, so wird das Gewicht unendlich vieler solcher Gewichte unendlich gros, was gegen die Erfahrung ist; setzt man aber das Gewicht des unendlich kleinen Wesens gleich Null, so giebt die Summe unendlich vieler Nullen entweder wieder Null oder eine ganz unbestimmte Gröse. da $\infty \times 0$ unendlich viele Werte hat, und ist es gar nicht möglich, dass aus der Zusammensetzung dieser Nullgewichte ein endliches bestimmtes Gewicht, hier a Gramme, hervorgehen soll. Kurz die Annahme ausgedehnter, stetiger letzter Masseteilchen führt uns in unendliche, unlösliche Schwierigkeiten. Diese Annahme ist mithin die verwickeltste und daher unwissenschaftlichste, welche man machen kann.

Ebenso führt die Annahme stetig ausgedehnter Teile zu den grössten Widersprüchen auf physischem Gebiete. Für den Ether zunächst hat Ampère (Cours du collège de France 1835—1836 leçon 20) bewiesen, dass der Ether, wenn er den Raum stetig erfüllte, weder in queren (transversalen) Wellen schwingen könnte, noch fähig wäre, das Licht fortzupflanzen.

Ebenso haben für die Körper Poisson (Mémoire du 12. Oct. 1829 form 10 im 20. Hefte des Journal de l'école polyt. s. 52) und Cauchy (Exercic. de

mathem. 1828 s. 231 form. 52) bewiesen, dass, wenn der letzte Masseteil eines Körpers stetig ausgedehnt und also aus unendlich vielen Punktwesen zusammengesetzt wäre, oder was dasselbe ist, wenn die Summe der Einwirkungen dieser Punktwesen auf einander zusammengesetzt wäre aus einer unendlichen Zahl von Gliedern, deren Gröſen sich unausgesetzt folgen, dass dann: 1. die Einwirkungen im Innern der Körper keine Summe hätten, welche gleichlaufend wäre den Flächen, auf welche sie sich beziehen, dass vielmehr die Summen derselben senkrecht wären auf diese Flächen und dass 2. diese Einwirkungen sich nur ändern könnten, wie das Quader der Dichtigkeit, wenn man eine Aenderung in der Lagerung der Theilchen des Körpers hervorbrächte. Es folgt hieraus, dass ein Körper, dessen Theilchen stetig den Raum erfüllen, sich beim Drucke verhalten würde, wie eine Luftart, und nicht wie eine tropfbare Flüssigkeit, ja dass er ein Körper sein würde ohne jede innere Reibung, welche dem Heften der Theilchen um einander keinen auch noch so geringen Widerstand entgegensetzte, d. h. ein Körper, wie er in der Natur nicht vorkommt.

Cauchy selbst spricht sich in den *Leçons de physique* also darüber aus: „Nach Newton müssten die Körperteilchen (*molécules*) fest, hart und unveränderlich sein, der Art, dass sie weder Ausdehnung, noch Gestalt verändern könnten. Aber diese Ansicht stimmt nicht mit einer Erscheinung, welche Herr Mitscherlich in neuester Zeit beobachtet hat. Dieser ausgezeichnete Physiker hat nämlich beobachtet, indem er die Spate (Krystalle) der Wirkung der Wärme aussetzte, dass die verschiedenen Achsen der Spate ungleiche Ausdehnungen annehmen und dass die Neigungswinkel ihrer Flächen sich ändern. Zur Erklärung dieser Erscheinung muss man annehmen, dass die ganzen Gewichtsteilchen durch den Eintritt der Wärme nicht nur sich von einander entfernen, sondern auch selbst die Gestalt ändern. Ampère hat ferner gezeigt, dass, um mehreren Erscheinungen bei der Mischung der Gase Rechnung zu tragen, die Annahme genügt, dass die Körperteilchen verschiedener Körper zusammengesetzt seien, ein jedes aus mehreren Urtheilchen, deren Ausdehnung unendlich klein sind im Verhältnisse zu ihrer gegenseitigen Entfernung. Wäre es demnach gestattet, die ganzen Körperteilchen verschiedener Körper zu beobachten, so würden sie uns erscheinen wie eine Art von Sternbildern und übergehend vom unendlich Großen zum unendlich Kleinen würden wir in den letzten Theilen der schweren Körper wie in der Unendlichkeit der Himmel Mittelpunkte der Kraft finden ohne Ausdehnung, welche im Raume neben einander gestellt sind. Nach der Ansicht des Herrn Ampère dürfen die Ausdehnungen dieser Urtheilchen, in denen die Mittelpunkte der Kraft ihren Sitz haben, nicht allein als sehr klein betrachtet werden im Verhältnisse zu ihren gegenseitigen Entfernungen, sondern als schlechthin Null. Mit andern Worten, diese Urtheilchen, welche die wahren einfachen Wesen sind, aus denen die schweren Körper zusammengesetzt sind, haben keine Ausdehnung. Es scheint im ersten Augenblicke, als heise, einen Teil des schweren Körpers der Ausdehnung berauben, diesen selbst vernichten; aber bei näherer Ueberlegung erkennt man leicht, dass der Körper, auch wenn er aus einfachen Punkten zusammengesetzt ist, dennoch fortfährt, alle Eigenschaften zu bewahren, welche das Dasein des Körpers beweisen, die Undurchdringbarkeit, die Berührbarkeit u. f. w. Es ergibt sich aus dem Vorhergehenden, dass, wenn es dem Welt-

„schöpfer gefiele, allein die Gesetze zu ändern, nach denen die Urtheilchen sich anziehen oder abstosen, wir in demselben Augenblicke wahrnehmen würden, dass die festesten Körper sich durchdringen, dass die kleinsten Körperteile ungemessene Räume einnehmen, oder dass die beträchtlichsten Körper sich zusammenziehen in die kleinsten Räume und das ganze Weltall, so zu sagen, in einen Punkt zusammengeht.“

Am ausführlichsten hat Saint-Venant (Société philomatique de Paris, 20. Jan. 1844) die ausgedehnten Atome bekämpft. „Wenn ein Körper“, sagt er, „stetig wäre, d. h. wenn er zusammengesetzt wäre aus einer unendlichen Zahl von Theilchen, welche sich berühren, so würde der Körper keine Festigkeit besitzen, und würde die geringste Aenderung sofort eine andere Lagerung der Theilchen herbeiführen. Eine Menge Bewegungen würden fort dauern ohne Widerstand zu finden. So würde z. B. jede Gleitung, jede Drehung der Theilchen, wo jedes Theilchen durch ein gleiches ersetzt wird, welches dieselben Wirkungen hervorruft, ohne Widerstand stattfinden; so würde jede Bewegung, wo die Summe der arbeitenden Kräfte, welche der Umgestaltung entgegenwirken, der Summe gleich ist derjenigen Kräfte, welche die Umgestaltung fördern, ohne Widerstand vor sich gehen, da die Gleichung der virtuellen Geschwindigkeit unverändert fortbesteht. Der Körper würde daher nur im Gleichgewichte sein können, wenn er die Gestalt einer Kugel befäße, vorausgesetzt, dass seine Theilchen sämmtlich derselben Art sind; ein solcher Körper würde sich mithin verhalten, wie eine Flüssigkeit oder wie eine Luftart.“

„Im Innern des Körpers müssten unter derselben Voraussetzung die gegenseitigen Einwirkungen der Theilchen, da sie sich verhalten wie das Product der Massen aus den tätigen Theilchen, einen gegenseitigen Druck erzeugen, der sich verhielte wie das Quader der Dichtigkeit, sofern die wahrnehmbaren Wirkungen sich nicht über die Grenzen des Körpers erstrecken. Im entgegengesetzten Falle würde zwar das Gesetz des Quaders der Dichtigkeiten nicht genau sein; aber es ist leicht einzusehen, dass es nur wenig abweicht, sofern der Körper nur sehr kleinen Veränderungen seines Rauminhaltes unterworfen wird. In keinem Falle aber würden sich aus den innern Gesetzen solcher Körper die gewaltigen Vermehrungen des Druckes erklären lassen, welche in tropfbaren Flüssigkeiten bei der geringsten Verminderung des Rauminhaltes hervortreten. Der stetige Körper würde also weder ein fester noch ein tropfbar flüssiger Körper, er würde nur eine Luftart sein können.“

„Aber auch die Kugelgestalt würde nicht genügen für das Gleichgewicht eines solchen Körpers. Es würde noch erforderlich sein, dass ein jedes Theilchen von allen Seiten gleich erregt sei durch die Wirkungen der andern oder dass die concentrischen sphärischen Schichten vom Mittelpunkte bis zur Oberfläche verschiedene Dichtigkeiten befäßen. Notwendig nämlich müssten die Theilchen des Körpers sich ausdehnen und zusammenziehen können, (obwohl schwer zu begreifen ist, wie sich stetig berührende Teile zusammenziehen oder ausdehnen sollen). Würden sie sich blos anziehen, so würde die Zusammenziehung keine Grenze haben und der Körper zusammenschrumpfen in einen Punkt. Es muss also für die kleinsten Entfernungen eine Abstosungskraft geben. Wäre andererseits die Abstosungskraft bei der Entfernung Null unendlich, so könnten die Theilchen sich nicht berühren, sondern es müssten die

„Teilchen eines solchen Körpers sich zerstreuen. Blicke dagegen die Abstosungskraft bei der Berührung der Teilchen endlich, so würde der Körper im Mittelpunkte eine bestimmte Dichtigkeit erhalten, welche abhinge von der Gesamtmasse des Körpers und von den Bedingungen, unter denen die Anziehungskraft der entfernten, und die Abstosungskraft der benachbarten Schichten sich das Gleichgewicht halten. An der Oberfläche des Körpers aber würde die Abstosungskraft vorwalten und die Dichtigkeit Null sein. Ein solcher Körper würde mithin eine Atmosphäre sein, welche sich ausdehnt bis ins Unendliche in sphärischen Schichten, deren Dichtigkeit abnimmt.“

„Ebenso könnte auch ein ausgedehntes einfaches Massewesen nicht unveränderlich sein. Jeder Körper, auch der am besten widerstehende, ist pressbar und dehnbar. Stößt oder zieht man einen seiner Punkte; und bewegen sich in Folge dessen die andern Punkte, so geschieht dies nur nach Verlauf einer kurzen Zeit, welche erforderlich ist, damit die kleinen Ausdehnungen und Pressungen stattfinden, welche die Kräfte erzeugen, durch welche sich die Bewegung von den ersten bis zu den letzten Punkten fortpflanzt. Wäre der Körper ganz unveränderlich, so könnte diese Fortpflanzung nicht stattfinden. Die Bewegungen der letzten Punkte müssten eintreten ohne Kräfte, andererseits würden Kräfte da sein ohne entsprechende Bewegung. Der Stos würde Kräfte neu entwickeln in unendlicher Zahl, da unendlich viele Punkte plötzlich mit endlicher Schnelligkeit sich bewegten und würde kein Gesetz ihre Zahl oder Gröse bestimmen. Dieselbe vollkommene Unbestimmtheit würde auch herrschen in der Art, wie sich der Druck von gewissen Punkten der Oberfläche dieser Körperteilchen auf andere Punkte verteilte, dieselbe Unbestimmtheit würde herrschen in unzähligen andern Fragen, obwohl man weis, dass in der Welt nichts unbestimmt ist. Ein vollkommen unveränderlicher Körper ist Nichts, und kann nichts Anderes sein, als eine Täuschung; er würde in unserer Welt ein Unding sein, welches den sichersten Gesetzen der Physik und selbst der Mechanik widerstritte und zu den grössten Ungereimtheiten führte.“

„Wahrlich dies sind nicht Umstände, welche geeignet sind, das Dasein solcher Körperteile zuzulassen. Man wird mir daher gestatten,“ fährt er fort, „die ausgedehnten und unveränderlichen einfachen Massewesen zu leugnen und nur Kräfte zuzugestehen, welche in die Ferne wirken, und Punkte, welche die Sitze dieser Kräfte sind, und deren Bewegung auch die Veränderung des Mittelpunktes bedingt, von dem aus die Kraft wirkt. Dies allein ist, wie mir scheint, festgestellt und entspricht allein der gefundenen Regel aller Wissenschaft, dass man zur Erklärung der Erscheinungen die einfachsten Ursachen auffuchen muss, welche zur Erklärung derselben hinreichen (Newton Buch 3 Regel 1).“

„Uebrigens bietet die Annahme ausgedehnter einfacher Massewesen ebensoviele begriffliche wie sachliche Widersprüche. Es hat gute Wege, sie als unteilbar voraussetzen, sie haben doch stets begrifflich zwei Hälften, vier Viertel, kurz soviele Teile, als man will, eben weil sie ausgedehnt sind, und kann man sie in Gedanken bis ins Unendliche teilen. Die ausgedehnten einfachen Massewesen wären also teilbar und mithin aus Teilen zusammengesetzt, aber auch die Teile wären nicht einfache Wesen, sondern zusammengesetzte und gäbe es keine einfachen Wesen, welche die Zusammenfassung bilden. Die ausgedehnten einfachen Massewesen wären also Zusammengesetztes, ohne dass es ein Zu-

„sammensetzendes gäbe, wären Reihen von Negationen ohne schließliche Affirmation, wären Wesen, welche rein in der Einbildung bestünden.“

„Sind dagegen die letzten Teile der Körper Punktwesen, welche der Sitz von Kräften sind, so ist es gerechtfertigt, was seit einiger Zeit alle Geometer thun, die einfachen Massewesen zu ersetzen durch einzelne Punktwesen, die Anziehung der Körper, wie es überall geschieht, zurückzuführen auf die Anziehung einzelner Punktwesen und nur den Kräften eine Bedeutung zuzuschreiben, welche sich auf diese Punktwesen beziehen. Es ist daher in jeder Beziehung gerechtfertigt, die ausgedehnten einfachen Massewesen zu verwerfen, und die letzten Teilchen der Körbe (Atome) als einfache Punktwesen (Points matériels) zu betrachten, die durch die Kräfte, welche von ihnen ausgehen, und sich auf sie hin richten, in endlichen Entfernungen von einander gehalten werden.“

Die Annahme stetig ausgedehnter kleinster Masseteilchen führt also zu unlöslichen Widersprüchen, und muss als verwickelt, widersprechend und verworren vom wissenschaftlichen Standpunkte aus verworfen werden. Die bedeutendsten Physiker neuerer Zeit haben sie daher auch verworfen.

Es bleibt also nichts Anderes übrig, als die einfache Annahme, dass die letzten Teile der Massewesen einfache Punktwesen sind ohne jede Ausdehnung und ohne jede Teile, die in endlichen Entfernungen von einander stehen, durch leeren Raum von einander getrennt, und von denen eine endliche Zahl in einem Würfel-Millimeter enthalten sind, die daher auch ein endliches, bestimmt anzugebendes Gewicht haben.

Von dem leeren Raumpunkte unterscheiden sich diese Punktwesen ganz ebenso, wie der leere Raum überhaupt vom Raumwesen, d. h. so, dass der leere Raumpunkt keine Einwirkung auf Anderes ausübt oder empfängt, dass dagegen jedes Punktwesen Einwirkungen auf andere Wesen ausübt und ebenso Einwirkungen von ihnen empfängt, oder mit andern Worten, dass jedes Punktwesen der Sitz von endlichen bestimmten Kräften ist, mit denen es auf andere Wesen einwirkt, sie bewegt und ebenso der Sitz einer endlichen bestimmten Masse, welche durch die Einwirkung anderer Wesen oder durch ihre Kräfte bewegt wird.

b. Die geschichtliche Ausbildung des Begriffes des einfachen Massewesens.

Von jeher hat es in der Philosophie zwei Richtungen gegeben, von denen die eine mehr der Kunst zugewandt, die Wesenheit der Dinge in der Fülle der Erscheinungen, in den reichen Beziehungen zur umgebenden Welt aufzufassen suchte, während die andere mehr dem Ernste der Wissenschaft zugewandt, die Wesenheit durch Eindringen in die Tiefe zu ergründen strebte. Die erstere fasste Alles unter dem Gesichtspunkte des Werdens, der Veränderung auf, wie ja auch die äusseren Erscheinungen in steter Veränderung, in stetem Wechsel begriffen sind, die andre suchte das Sein der Dinge zu ergründen, wie ja auch das Wesen der Dinge im eigentlichsten Sinne ein Seiendes ist.

Der ersteren Richtung gehört im Altertume die ionische Schule, in neuerer Zeit die Schule Hegels und Schellings an, welche das ganze

Weltall durch die Tätigkeit ihres Hirns zu erzeugen wännen, wenn sie einige geistreiche Gedanken über die Veränderungen der Erscheinungen zum Besten geben und in die Zauberformeln ihrer Schule kleiden. Für die vorliegende Frage geben diese Schulen gar keine Ausbeute.

Um so reichere Ausbeute finden wir dagegen für unsere Frage bei der anderen Richtung, der im Altertume die Schule der Eleaten und in gewissem Sinne auch die Atomisten angehörten, und zu der in neuerer Zeit alle Physiker gezählt werden müssen.

Parmenides aus Eléa um 500 vor Chr., der Hauptlehrer unter den Eleaten, lehrt, dass das Sein allein wirklich und erkennbar sei, das Nichtsein dagegen unmöglich, auch nicht erkennbar und nicht in Worte zu fassen. Das Sein aber sei ungeworden, und unvergänglich, ganz und einartig, unwandelbar, ein einiges, das sich auch nicht verändere, nicht teilbar sei, ohne alle räumliche Ausdehnung, auch nicht der Form der Zeit unterworfen, vollendet, ohne Entbehrung (Simplicius in Aristotelis *physicam* f. 25 und f. 31). Er fasst also den Begriff des einfachen Wesens als eines Seienden, Unveränderlichen und Unvergänglichen, Unteilbaren, ohne jede räumliche Ausdehnung ganz richtig auf. Da er aber nicht weis, wie zwei oder mehrer solche einfache Wesen sollen in Beziehung und Wechselwirkung treten und eine Einheit bilden, die der Geist des Menschen erfordert, so bleibt er bei einem einzigen solchen Wesen stehen.

Dēmókritos aus Ábdéra um 460–356 v. Chr., der Hauptlehrer unter den Atomisten, lehrt im Gegensatze zu den Eleaten eine unbegrenzte Zahl einfacher Wesen, welche ihrer Beschaffenheit nach gleichartig (denn nur Gleiches kann auf Gleiches wirken), durch leeren Raum von einander geschieden, in dem sie sich bewegen können, jedes im Raume ausgedehnt und daher mit bestimmter Gestalt und GröÙe versehen, woher die Mannigfaltigkeit der einfachen Wesen, aber doch jedes unteilbar, daher *átomos* genannt, und stetig seinen Raum erfüllend, unveränderlich und jedes andere Atom aus seinem Raume ausschließend sei. Der leere Raum ist nach ihm unendlich. Die mannigfachen Wesen und ihre Veränderungen gehen nach ihm aus der Zusammensetzung der einfachen Wesen oder Atome hervor. Die Atomisten bezeichnen den Eleaten gegenüber bereits einen wesentlichen Fortschritt, indem sie eine unbegrenzte Zahl einfacher Wesen, ihre Zusammensetzung und gegenseitige Beziehung lehren und ihre Bewegung im leeren Raume nachweisen. Dagegen haben ihre ausgedehnten Atome, die dennoch unveränderlich und unteilbar sein sollten, der Kritik stets eine willkommene Gelegenheit zu Angriffen und Widerlegungen geboten.

Nach den Atomisten haben sich zunächst wieder die Philosophen neuerer Zeit eingehend mit den einfachen Wesen beschäftigt und festgestellt, dass die einfachen Massewesen wirklich unteilbar seien, weil nur in einem Punkte ohne jede Ausdehnung, also wahre Punktwesen.

Der erste, der diese richtige Darstellung gegeben hat, ist Leibniz, der schon als Jüngling 1663 n. Chr. die richtige Ansicht aufgestellt hat. Er nennt das einfache Wesen aber Monade, nicht Atom und stellt über dasselbe in seinen *principiis philosophiae* die Sätze auf, welche wir auf Seite 21 und 22 über die Monaden kennen gelernt haben.

Nach Leibniz war es zunächst Roger Boscowich aus Ragusa, ein ausgezeichnete Physiker und Mathematiker Italiens, welcher nahe 100 Jahre nach Leibniz die Zusammenfetzung der Körper aus Körperpunkten lehrte (*Theoria philosophiae naturalis reducta ad unicum legem virium in natura existentium* Wien 1758). Auch er geht von dem Satze aus: *omne ens est unum* (jedes Ding ist eine Einheit). Die letzten Teile der Körper sind also nach ihm einfach ohne Teile und Ausdehnung, einfache Punktwesen, welche in jedem endlichen Raume auch nur in endlicher Zahl vorhanden sind und durch leeren Raum von einander getrennt werden.

Nach diesen beiden Männern hat erst in diesem Jahrhunderte die richtige Ansicht mehr Geltung gewonnen. Unter den Philosophen stimmten Dugald Steward aus Edinburg in seinen *Philosophical essays* Edinb. 1816, James Makentish (*Mél. phil.*) dieser Auffassung bei und nennen sie die beste auf diesem Gebiete, welche Nichts gemein hat mit dem Idealismus Berkeleyys und nicht im Mindesten dem Dasein der äussern Welt widerstreitet.

Unter den neueren Physikern und Mathematikern haben sich namentlich die Franzosen mit dieser Frage seit 1828 beschäftigt, und stimmen alle Meister der Wissenschaft, Poisson, Ampère und Cauchy, darin überein, dass die letzten Teile der Körper Punktwesen sind. Poisson spricht sich darüber aus in den *Annales de chimie et de physique* 36—39 1827—1828 und in dem *Journal de l'école polytechnique* Heft 20 1829. Ampère handelt davon in dem *Cours du collège de France* 1835—1836, leçon 20. Cauchy spricht sich in diesem Sinne aus in dem *Cours de physique générale et philosophique* 1831—1832 und in den *Leçons de physique*. Auch Séguin in den *Comptes rendues* T. 37 p. 705 und Moigno in seinem *Cosmos* 1853 sprechen sich in gleichem Sinne über den Gegenstand aus und setzen den Sitz der Anziehungskräfte in einzelne Urtheilchen ohne jede Ausdehnung oder in die Punktwesen.

Unter den deutschen Physikern hat vor allen Fechner in seinem Buche „Ueber die physikalische und philosophische Atomenlehre 1855 zweite Auflage 1864“ die Ansicht verteidigt, dass der Sitz der Anziehungskräfte in einzelnen in endlicher Entfernung stehenden Punktwesen zu finden sei.

Die Annahme solcher einfachen Punktwesen in endlichen Entfernungen von einander ist also die einzig mögliche, allein einfache und allein wissenschaftliche Annahme und wird daher auch von allen bedeutenden Physikern der Neuzeit behauptet. Auch ich halte dieselbe für unzweifelhaft und allein möglich. Dennoch muss darauf hingewiesen werden, dass sie vielen Männern noch zu kühn erscheint und noch nicht allgemeine Anerkennung gefunden hat. Jeder, dem daher diese Annahme Anstos erregt, der kann sich statt der einfachen Punktwesen auch unendlich kleine Raumwesen vorstellen, wenn er nur die ganze Masse und Kraft dieses unendlich kleinen Raumwesens sich in einem Punkte, dem Schwerpunkte dieses Raumwesens, vereinigt denkt und die andern Punkte in dem unendlich kleinen Raumwesen als schlechthin wirkungslos auffasst, um allen Trugschlüssen zu entgehen, die sich sonst aus dieser Vorstellungsweise ergeben müssten. Auch diese unendlich kleinen Raumwesen sind dann als in endlichen Entfernungen von einander stehend und durch leeren Raum von einander getrennt vorzustellen.

Ann. 2. Die einfachen Körperwefen im Korbe und ihre Bahnen.

In der Ann. 2 zu Nummer 8 haben wir die doppelte Fallrate A , wenn die anziehende Masse ein Gramm wiegt und die Entfernung der angezogenen Masse gleich einem mm ist, gefunden

$$A = \frac{64,767}{\text{Million}} \text{ mm.}$$

Sei nun n das Gewicht eines Korbes in Quadrilliontel Gramm, sei r die Entfernung des einfachen Körperwefens von dem Schwerpunkte des Korbes in Billiontel mm, sei ferner a die doppelte Fallrate des einfachen Körperwefens und s seine Schnelligkeit, so ist a gleichfalls in Billiontel mm

$$a = \frac{64'767'000 \ n}{r^2}$$

und für Kreisbahnen

$$s^2 = 2ra = \frac{129'534'000 \cdot n}{r} \text{ Billiontel mm,}$$

mithin

$$s = 11381,3 \sqrt{\frac{n}{r}} \text{ Milliontel mm.}$$

Ann. 3. Die einfachen Ewefen im Korbball.

Ich gebe in dieser Anmerkung den ersten Versuch einer Berechnung der Ewefen im Korbball, wohl wissend mit wie vielen Mängeln und Bedenklichkeiten derselbe behaftet ist; aber ich halte auch einen solchen Versuch als erste Anregung nicht ohne Wert, sofern man nur nicht die gewonnenen Werte als wissenschaftlich sichere Größen auffasst und damit weiter operiren will. Nur unter dieser Reserve bitte ich die Ergebnisse aufzufassen. Für die Betrachtungen der Korbballen haben wir den Millimeter als Einheitsmas zu Grunde gelegt, auch für den Ether werden wir diesen im Folgenden als Einheitsmas benutzen. Nun war nach Nummer 9 Ann. 4 die Masse des Ethers in einem Würfelmeter

$$19,20 \times \alpha^{72} \text{ Quadrilliontel Gramm, wo } \alpha = \text{Mittel (1; 50).}$$

Nennen wir also M (gelesen gros m) die Masse des Ethers im Würfelmillimeter, so ist

$$1) \quad M = 19200 \times \alpha^{72} \text{ Sexilliontel Gramm, wo } \alpha = \text{Mittel (1; 50).}$$

In den Anmerkungen zu Nummer 13 ist nun bewiesen, dass für die Korbballen, wenn L die Weglänge der Bälle bis zum Zusammenstosse, Q den Querschnitt durch sämtliche Bälle in der Raumeinheit bezeichnet, dass dann

$$2) \quad LQ = \frac{3}{16}.$$

Diese Gleichung kann nun auch für den Ether angewandt werden, wie sich dies leicht ergibt, wenn man die Beweise in den Anmerkungen zu Nummer 13 auf den Ether ausdehnt und den Querschnitt durch ein Epar $q = \frac{p^2 \pi}{4}$ setzt, wo p

die Entfernung der beiden Ewefen im Epare bezeichnet. Da nun die Weglänge L des Ethers in einer Lichtwelle nach Nummer 9 Anmerkung 4

$$3) \quad L = 20000 \cdot \alpha^{\pm 1} \text{ Milliontel mm ist, wo } \alpha = \text{Mittel (1; 50),}$$

so ist der Querschnitt Q durch sämtliche Epare in einem Würfelmillimeter

4) $Q = 9,375 \text{ [mm]} \times \alpha^{-1}$, wo $\alpha = \text{Mittel (1; 50)}$.

Sei nun in einem Würfelmillimeter Ether N (gelesen gros nñ) die Anzahl der Epare, μ (gelesen mit) die Masse eines Epare, q der Querschnitt eines Epare (wenn wir darunter die Fläche verstehen, welche das Epar bei seinem Kreifen einnimmt), p die Entfernung der beiden Ewesen im Epare, so ist

$$M = N\mu, Q = Nq, q = \frac{p^2\pi}{4},$$

mithin ist

$$\frac{M}{Q} = \frac{N\mu}{Nq} = \frac{\mu}{q} \text{ und } \mu = \frac{M}{Q} q = \frac{M}{Q} \frac{p^2\pi}{4}.$$

Setzen wir hier für M den Wert in Grammen, für Q den Wert in $\square\text{mm}$ ein, so erhalten wir

$$\mu = \frac{19200 \alpha^{-1}}{\text{Sexillion } 9,375} \frac{p^2\pi}{4} = hp^2$$

5) $p^2 = \frac{\mu}{h} \quad \mu = hp^2$

wo $h = 1608,5 \times \alpha^{-1} \text{ Sexilliontel}$, wo $\alpha = \text{Mittel (1; 50)}$.

Nennen wir nun ferner r den Halbmesser des Korbballes, c den Abstand zweier Epare in der äussersten Schicht des Korbballes, p den Abstand der beiden Ewesen im Epare, so ist die Oberfläche oder die äusserste Schicht des Korbballes gleich der Kugeloberfläche O mit dem Halbmesser r

6) $O = 4r^2\pi$.

Nennen wir n die Zahl der Epare in einem grössten Kreife der Kugel, N die Zahl der Epare in der Kugeloberfläche, so ist

7) $n = \frac{2r\pi}{c}; c = \frac{2r\pi}{n}; N = \frac{4r^2\pi}{c^2} = \frac{4r^2\pi n^2}{4r^2\pi^2} = \frac{n^2}{\pi}$.

Bezeichne m die Masse des Körperkernes, M die Masse der Epare in der äussersten Schicht des Korbballes und μ die Masse eines Epare, so ist

8) $M = N\mu = \frac{n^2\mu}{\pi}$

und da nach 5) $\mu = hp^2$, wo $h = 1608,5 \times \alpha^{-1} \text{ Sexilliontel}$, so ist auch

9) $M = \frac{hn^2p^2}{\pi} = \frac{512 \times \alpha^{-1}}{\text{Sexillion}} \cdot n^2p^2$, wo $\alpha = \text{Mittel (1; 50)}$.

Aus der Anmerkung 2 zu Nummer 9 kennen wir nun die Anziehung S des Körperkernes vom Gewichte m auf ein Epar vom Gewichte μ (Abstand der Ewesen im Epare p) in der Entfernung r

10) $S = \left(\frac{2p}{r^3} - \frac{3p^2}{r^4} \right) g \frac{m\mu}{2}$

wo g die Anziehung der Gewichtseinheit der Körpermasse auf die Gewichtseinheit der Ewesen in der Entfernung 1 ist.

Aus der Anmerkung 3 zu Nummer 9 kennen wir die Abstosung S' zweier Epare vom Gewichte μ , Abstand der Ewesen p auf einander in der Entfernung c

11) $S' = \frac{3p^2}{c^4} \frac{\mu^2}{4}$,

wo die Abstosung der Gewichtseinheit der Ewesen auf die Gewichtseinheit der Ewesen in der Entfernung eins gleich eins gesetzt ist.

Im Zustande der Ruhe müssen sich beide Kräfte das Gleichgewicht halten,* es muss also $S = S'$ sein. Es ist demnach

$$\left(\frac{2p}{r^3} - \frac{3p^2}{r^4}\right) g \frac{m\mu}{2} = \frac{3p^2}{c^4} \frac{\mu^2}{4}$$

aber $c = \frac{2r\pi}{n}$ nach 7), dies eingeführt und beide Seiten durch $\frac{1\mu}{2}$ dividirt

$$(2r - 3p) \frac{gm}{r^4} = \frac{3p\pi^4\mu}{32r^4\pi^4}$$

und dies mit $32r^4\pi^4$ multiplicirt und durch g dividirt

$$64r\pi^4 = 96p\pi^4 + \frac{3p\pi^4\mu}{g},$$

mithin

$$\frac{r}{p} = \frac{96\pi^4 + 3\pi^4\mu \cdot \frac{1}{g}}{64\pi^4} = \frac{3}{2} + \frac{3\pi^4\mu}{64\pi^4gm}$$

und

$$\frac{c}{p} = \frac{2r\pi}{np} = \frac{3\pi}{n} + \frac{3}{32\pi^3} \frac{n^3\mu}{gm} = \frac{9_{,4248}}{n} + 0_{,00302358} \frac{n^3\mu}{gm}.$$

Da nun n eine sehr grosse Zahl ist, so ist das erste Glied der rechten Seite sehr klein und kann, da $\frac{c}{p}$ bedeutend grösser als eins ist, fortgelassen werden.

Setzen wir demnach $\frac{c}{p} = c$, so ist

$$12) \quad c = \frac{c}{p} = 0_{,00302358} \frac{n^3\mu}{gm}$$

und da nach 4) $n^2\mu = M\pi$, so ist auch

$$13) \quad c = \frac{c}{p} = 0_{,00349886} \frac{nM}{gm}.$$

Multipliciren wir Formel 12) mit p und setzen aus 5)

$$\mu = \frac{1608_{,5} \times \alpha^{-1}}{\text{Sexillion}} p^2,$$

so ist

$$14) \quad c = 0_{,00302358} \cdot \frac{1608_{,5} \times \alpha^{-1} n^3 p^3}{\text{Sexillion} \cdot gm} = \frac{4_{,86343} \times \alpha^{-1} n^3 p^3}{\text{Sexillion} \cdot gm}, \text{ wo } \alpha = \text{Mittel } (1; 50).$$

Nach 9) ist aber

$$M = \frac{512 \times \alpha^{-1}}{\text{Sexillion}} n^2 p^2,$$

* Im Luftballe herrscht ausser der Abstossung noch der Schwung der um den Körperkern kreifenden Epäre; aber dieser herrscht doch nur im Gleicher des Korbballes, nicht an den Polen, er giebt den einzelnen Körben die halbkugelförmige Gestalt und zwingt 2 oder mehrere Körbe der Grundstoffe sich in einen Korbball zu vereinigen. Hier können wir von demselben absehen und den Zustand des Gleichgewichts an den Polen zu Grunde legen.

Es ist ferner zu bemerken, dass die Anziehung in der Richtung des Radius oder der Speiche, die Abstossung in der Richtung des Umkreises wirkt; dennoch kann man beide einander gleich setzen, da bei einer Veränderung des Radius auch der Umkreis sich stets in dem gleichen Verhältnisse ändern muss.

mithin, wenn wir aus 14) den Wert für $n^3 p^3$ einführen

$$n^3 p^3 = \frac{\text{egm} \cdot \text{Sexillion}}{4,86313 \times \alpha^{\frac{1}{3}}}$$

$$M = \frac{512 \times \alpha^{\frac{1}{3}}}{\text{Sexillion}} \left(\frac{\text{egm} \cdot \text{Sexillion}}{4,86313 \times \alpha^{\frac{1}{3}}} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{178,3615 \times \alpha^{\frac{1}{3}}}{\text{Billion}} (\text{egm})^{\frac{2}{3}}.$$

Es ist aber $c = \frac{2r\pi}{n}$, führen wir dies ein, so ist

$$M = \frac{178,3615 \cdot \alpha^{\frac{1}{3}}}{\text{Billion}} \pi^{\frac{2}{3}} (g \cdot 2rm)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{n} \right)^{\frac{2}{3}}$$

mithin

$$nM = \frac{382,597 \times \alpha^{\frac{1}{3}}}{\text{Billion}} (g \cdot 2rm)^{\frac{2}{3}} n^{\frac{1}{3}}$$

und führen wir dies in Formel 13) ein, so ist

$$c = \frac{c}{p} = 0,00949886 \cdot \frac{382,597 \times \alpha^{\frac{1}{3}}}{\text{Billion}} \left(\frac{4r^2 n}{gm} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{3,631233 \times \alpha^{\frac{1}{3}}}{\text{Billion}} \left(\frac{4r^2 n}{gm} \right)^{\frac{1}{3}}$$

mithin ist

$$15) \quad n = 20833,4 \text{ Quinquillionen} \times \alpha^{\pm 1} \frac{m}{(2r)^2} g \cdot e^3, \text{ wo } \alpha = \text{Mittel } (1;50).$$

Hieraus ergibt sich nach Formel 7)

$$16) \quad N = \frac{n^2}{\pi} = 138,1563 \text{ Undecillionen} \times \alpha^{\pm 2} \left(\frac{m}{(2r)^2} \right)^2 g^2 \cdot e^6, \text{ wo } \alpha = \text{Mittel } (1;50),$$

ferner nach Formel 13)

$$17) \quad M = \frac{\text{egm}}{0,00949886 n} = \frac{5053,22 \times \alpha^{\frac{1}{3}} (2r)^2}{\text{Sexillion} e^2}, \text{ wo } \alpha = \text{Mittel } (1;50),$$

ferner nach Formel 8)

$$18) \quad \mu = \frac{M}{N} = \frac{36,57608 \times \alpha^{\frac{1}{3}} (2r)^6}{\text{Septendecillion} m^3 g^2 e^8}, \text{ wo } \alpha = \text{Mittel } (1;50)$$

und nach Formel 5)

$$19) \quad p = \sqrt{\frac{\mu \text{Sexillion}}{1608,5 \times \alpha^{\frac{1}{3}}}} = \frac{150,7954 \cdot \alpha^{\frac{1}{3}} (2r)^3}{\text{Sexillion} m g e^4}, \text{ wo } \alpha = \text{Mittel } (1;50).$$

In diesen Formeln ist μ und p für alle Korbbälle und Korbspate dieselbe GröÙe, denn die Entfernung der beiden Ewefen im Epore und das Gewicht der beiden Ewefen im Epore muss für alle Korbbälle und Korbspate daselbe sein. Es muss demnach die GröÙe

$$20) \quad \frac{(2r)^3}{m g e^4} = 1000 \cdot a$$

eine und dieselbe constante GröÙe sein für sämtliche verschiedene Korbbälle. Es ist aber ferner, wenn R das Raumgewicht eines Stoffes gegen Wasser, wenn m das Gewicht des Korbballes in Quadrilliontel Gramm und $2r$ der Durchmesser des Korbballes oder Korbwürfels in Milliontel mm ist

$$21) \quad 1000 \cdot R = \frac{m}{(2r)^3}.$$

Es ist mithin

$$22) \quad 1000 \cdot a = \frac{1}{R g e^4} \quad \frac{1}{g} = 1000 \cdot a R e^4 \quad \frac{1}{e} = \sqrt[4]{1000 \cdot a R g}.$$

Hier ist a dieselbe Constante für alle Stoffe, R das Raumgewicht des Stoffes gegen Wasser, $e = \frac{c}{p}$ wesentlich grösser als 1, mithin g (d. h. die Anziehung

von 1 Gramm des Körpers gegen 1 Gramm der Erden; wenn die Anziehung von 1 Gramm der Erden gegen 1 Gramm der Erden in gleicher Entfernung eins gesetzt ist) wesentlich kleiner als 1. Wir haben dann für sämtliche Stoffe gleichmässig

$$23) \quad p = 0,1507954 \cdot a \cdot \alpha^{-1} \text{ Quinquilliontel mm.}$$

$$24) \quad \mu = 36,576090 \cdot a^2 \cdot \alpha^{-3} \text{ Sedecilliontel Gr.}$$

ferner für die verschiedenen Stoffe

$$25) \quad M = 5053,22 \times \alpha^{-1} \frac{(2r)^2}{e^3} \text{ Sexilliontel Gr.}$$

$$26) \quad N = 138,1563 \times \alpha^{-3} \left(\frac{2r}{a \cdot e} \right)^2 \text{ Decillionen.}$$

wo a eine und dieselbe Constante für alle Stoffe. $2r$ der Durchmesser des Korbballes oder Korbspates in Milliontel mm und $e = \frac{c}{p}$ eine GröÙe grösser als 1 ist,

endlich $\alpha = \text{Mittel } (1; 50)$ ist, d. h. der gefundene Wert ein angenäherter ist der α^6 grösser oder kleiner sein kann.

Für die erste Annäherung setzen wir $a = 1$, $\alpha = 1$, $c = 10$. $g \cdot e^4 = 1$, dann haben wir folgende erste Annäherungswerte

$$p = 150795 \text{ Sexilliontel mm,}$$

$$\text{kurz } p = 0,15 \text{ Quinquilliontel mm} = 150000 \text{ Sexilliontel mm.}$$

$$\mu = 36,57609 \text{ Sedecilliontel Gr., kurz } \mu = 36\frac{1}{2} \text{ Sedecilliontel Gr.,}$$

$$N = 1,331563 \cdot (2r)^2 \cdot \text{Decillionen,}$$

$$M = 50,5322 \cdot (2r)^2 \cdot \text{Sexilliontel Gr.}$$

Wir finden also N und M für die verschiedenen Korbbälle und Korbspate, wenn wir in den Tafeln in Nummer 14 und Nummer 26 den Wert von $(2r)^2$ einführen.

In der Tafel in Nummer 14 giebt die Spalte 19 den Querschnitt des Korbballes in Billiontel $(\text{mm})^2$, sei dieser Wert q , so ist auch

$$\frac{q}{\text{Billion}} = \frac{(2r)^2 \pi}{4} \text{ oder } (2r)^2 = \frac{q}{\pi} 4 \text{ Billiontel,}$$

führen wir diese Werte ein, so erhalten wir

$$N = 2,2145 q \text{ Oktillionen,}$$

$$M = 80,999 q \text{ Oktilliontel Gramm.}$$

In der Spalte 19 schwankt q zwischen den Werten $0,10$ und $0,37$ und hat in den 237 Stoffen der Tafel im Mittel den Wert von $0,2610$, führen wir diesen Wert ein, da es hier nur auf erste Annäherungen ankommt, so erhalten wir

$$N = 0,57799 \text{ Oktillionen.}$$

$$M = 21,141 \text{ Oktilliontel Gramm.}$$

In der Tafel in Nummer 26 giebt die Spalte 14 den Rauminhalt V des Korbspates in Quadrilliontel $(\text{mm})^3$ an, es ist $q = V^{\frac{2}{3}}$.

Es giebt sich hieraus q in Billiontel $(\text{mm})^2$

für 56 einfache Stoffe	im Mittel zu	$0,13616$,
für 59 Stämme	" "	zu $0,17029$,
für 61 Salze	" "	zu $0,23393$,

für 63 Doppelverbindungen im Mittel zu 0.37603 .

für sämtliche 239 Stoffe „ „ zu 0.31575 .

mithin im Mittel aller dieser Stoffe

$N = 0.69923$ Oktillionen.

$M = 25.353$ Oktilliontel Gramm.

Fassen wir demnach Alles zusammen, so erhalten wir folgende Erste Annäherungswerte:

27) $p = 150000$ Sexilliontel mm (Entfernung der Ewefen im Epäre).

28) $\mu = 36\frac{1}{2}$ Sedecilliontel Gr. (Masse der Ewefen im Epäre).

29) $N = 0.6$ Oktillionen (Anzahl der Epäre im Korbballe).

30) $M = 22$ Oktilliontel Gr. (Masse der Ewefen im Korbballe).

Anm. 4. Die einfachen Ewefen.

Wir kehren nun nochmals zum Ether im Ethermeere zurück. Wie wir in Anmerkung 3 Formel 1) sahen, beträgt das Gewicht der Epäre im Würfelmillimeter im Ether

1) $M = 19200 \times a^{\frac{1}{2}} \text{ Sexilliontel Gramm, wo } a = \text{Mittel } (1; 50).$

In der Anmerkung 3 Formel 28) haben wir das Gewicht eines Epäres

2) $\mu = 36\frac{1}{2}$ Sedecilliontel Gramm

kennen gelernt. Die Anzahl N' der Epäre im Würfelmillimeter des Ethers ist demnach

3) $N' = \frac{M}{\mu} = 524.93 a^{\frac{1}{2}} \text{ Decillionen.}$

Der Abstand der Epäre im Ether sei λ . so ist $N'\lambda^3 = 1$, mithin

4) $\lambda = 1240 \text{ Quadrilliontel mm.}$

Es sind alle diese Werte freilich nur erste Annäherungswerte, die vielleicht noch weit von der Wirklichkeit abweichen. Ich benutze dieselben bei ihrer Unsicherheit daher nicht weiter; dennoch hielt ich es für zweckmäßig, diese Berechnung hier zu geben, da auch diese erste rohe Annäherung doch immer noch genauer sein dürfte als das reine Phantafiespiel und einen gewissen ersten Anhalt bietet.

Vierter Abschnitt des Weltlebens: Das Fruchtleben der Körper oder das Füllleben.

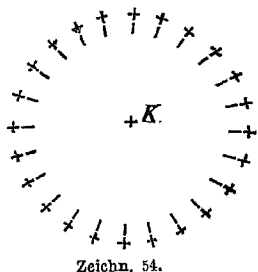
21. Die Zusammensetzung der Körper (Atome).

Wir haben in den vorigen Abschnitten die ganze Körperwelt und das Ethermeer in einfache Wesen aufgelöst, von denen jedes unteilbar, daher nicht ausgedehnt, in einem Punkte des Raumes seinen Sitz hat und daher auch ein Punktwesen oder einfaches Raumwesen genannt werden kann. Jedes solches Punktwesen steht in bestimmter endlicher Entfernung von jedem andern Punktwesen, durch leeren Raum von diesem getrennt. Es ist diese Lage der Sache so überaus abweichend von den gewöhnlichen Vorstellungen der Menschen, von der Art, wie uns die Dinge durch die Sinne erscheinen, dass wir notwendig noch die Frage beantworten müssen, wie lassen sich die gewöhnlichen Vorstellungen der Menschen und die Sinneserscheinungen nach der obigen Darstellung aus der Wirkung der Punktwesen erklären und wie lassen sich hieraus die Gestalten der Körperwelt: Luft, Flüssigkeit, Gespat und Gewächs ableiten. Der vorliegende Abschnitt wird diese Aufgabe lösen.

Zunächst ist einleuchtend, dass die einzelnen Punktwesen mit den Sinnen nicht wahrzunehmen sind. Niemand kann die einzelnen Punktwesen sehen, hören, fühlen oder sonst durch die Sinne wahrnehmen. Die Sinne des Menschen sind in keiner Weise so genau, dass sie einzelne Punktwesen wahrnehmen können. Die Sinne des Menschen sind darauf eingerichtet, dass die Menschen sich auf der Erde zurechtfinden und leben können und entsprechen vollkommen diesem Zwecke; alle Lichtwellen, welche auf der Netzhaut des Auges durch

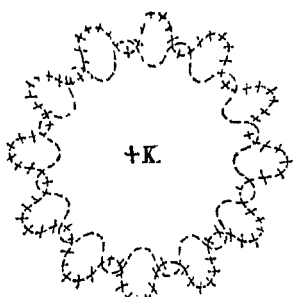
den Trichter in eine gefonderte Faſer treffen, geben einen gefonderten Eindruck, alle, welche auf dieſelbe Faſer treffen, werden auch nur als ein und derſelbe Eindruck empfunden. Ueberdies aber nimmt das Auge auch nur Eindrücke von beſtimmter Wellenlänge und nur Eindrücke von beſtimmter Stärke oder Intenſität auf. Die Wirkung eines einzelnen einfachen Maſſewefens iſt aber viel zu ſchwach, als daß das Auge oder ein menſchlicher Sinn ſie wahrnehmen könnte. Am Himmel ſind viele Millionen von Sternen, ſo groſ und ſo leuchtend wie die Sonne, welche aber von den Augen nicht wahrgenommen werden, weil ſie zu fern ſtehen und die Stärke des Lichtes daher zu gering iſt. Die Sinneſeindrücke geben alſo nur Eindrücke von bedeutend zuſammengeſetzten Weſen, in denen viele Millionen einfacher Weſen bereits verbunden ſein dürften. Wir werden die Art, wie dieſe Sinneſeindrücke zu Stande kommen, daher nur erklären können, wenn wir nachweiſen, wie aus den einfachen Punktweſen ſich die den Raum erfüllenden und körperlich ausgedehnten Körper bilden. Alle Körper aber ſind zuſammengeſetzt aus Körben. Wir werden alſo zunächſt noch einmal uns vor die Seele führen müſſen, wie ſich die Körbe (Atome) aus den Punktweſen zuſammenſetzen. Jeder Korb (Atom) jedes Körpers bildet ein für ſich beſtehendes zuſammengeſetztes Weſen. Die Körperweſen, einfache Punktweſen, bilden den Kern des Korbes, gleichſam den Kopf oder Herrſcher, nur daß ſie keine Freiheit beſitzen, ſondern nach den Geſetzen der Notwendigkeit wirken; das Gewicht des Körperkernes bildet das Gewicht des Korbes, oder das Korbgewicht.

Rings um den Körperkern kreift nun aber eine Sphäre von Eparen. Jedes dieſer Epare beſteht aus zwei Eweſen, einem $+E$ und einem $-E$. Dieſe Sphäre von Eparen bildet die Hülle des Korbes und wird von dem mittleren Körperkerne angezogen und dadurch untrennbar an den Körperkern geſſelt. Jeder Körper aber zieht die eine Art der Eweſen ebenſo ſtark an, als er die andere Art in gleicher Entfernung abſtößt. Die angezogenen Eweſen treten alſo dem Körperkerne näher, die abgeſtoſenen treten ferner. Das Bild wird das nebenſtehende. Die Epare werden hiebei von dem Körperkerne angezogen gerade wie die Entfernung p der beiden Eweſen im Epare und umgekehrt wie der Würfel der Entfernung r



Zeichn. 54.

des Epares vom Körperkerne. (Anm. 1 zu Nummer 9.) Die Epare aber stosen sich gegenseitig ab gerade wie das Quader der Entfernung p der beiden Ewesen im Epare und umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung c der Epare von einander. (Anm. 2 zu Nummer 9.)

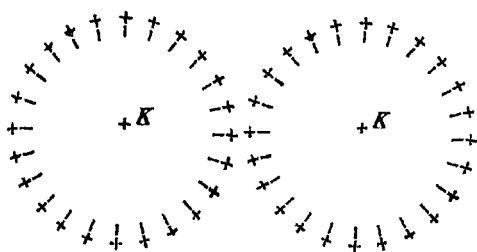


Zeichn. 55.

Die Entfernung p der beiden Ewesen im Epare aber ist bedingt durch die Schnelligkeit des Schwunges, mit dem beide um einander kreifen. Die Entfernung c der Epare von einander und die Entfernung r der Epare vom Körperkerne aber ist bedingt durch die Schnelligkeit des Schwunges, mit welcher die Epare um den Körperkern kreifen, wie dies die nebenstehende Zeichnung zeigt. Die ganze Ausdehnung des Korbes ist also nur die Wirkung dieser Schnelligkeit des Kreifens, oder ist die

Frucht der Arbeit des Korbes.

Diese Sphäre von Eparen giebt nun dem Korbe erst die Leiblichkeit oder Körperlichkeit, bildet den Leib um den Körperkern. Erst die Sphäre von Eparen giebt jedem Korbe seine räumliche Gröse oder Räumlichkeit und seinen Widerstand gegen äusere Einwirkungen



Zeichn. 56.

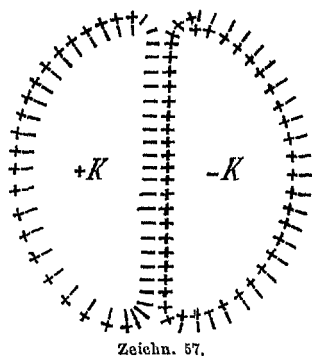
oder seine Ausschlieslichkeit. Indem nämlich bei den Körben desselben Stoffes die gleichen Ewesen nach ausen treten, so stosen sich die gleichen Ewesen gegenseitig ab und verhindern das Eindringen des einen Korbes in den andern. Jeder Korb ge-

winnt dadurch seine räumliche Gröse und sein ausschliesliches Erfüllen des Raumes.

Ebenso bildet diese Sphäre von Eparen die Seele des Korbes, durch welche dieser alle Einwirkungen der benachbarten Wesen empfängt. Alle Einwirkung des Lichtes und der Wärme, des Schalles und der Mitschwingung, kurz alles Leben des Korbes ist stets nur durch diese Esphäre ermöglicht und bildet also diese Sphäre die Sinne des Korbes, durch welche er Eindrücke aufnimmt, und bildet ebenso

die Glieder des Korbes, durch welche er Einwirkungen auf andre Körbe ausübt.

Werden zwei Körbe, deren Körperkerne entgegengesetzte Ewesen anziehen, durch starke Wärme, z. B. durch einen zündenden Funken in lebhafte Schwingung versetzt, so beginnen nun auch die Körbe auf einander einzuwirken, es entsteht eine chemische Verbindung. Der $+$ Körperkern zieht die $-E$ an, stößt die $+$ E ab, der $-$ Körperkern zieht die $+$ E an und stößt die $-E$ ab. Die $+$ E scheiden daher vom $+$ Korbe, wandern zum $-$ Korbe, die $-E$ wandern vom $-$ Korbe zum $+$ Korbe. Das Bild wird das nebenstehende. Beide Körbe aber ziehen sich nun mittelst ihrer Ewesen an und bilden ein Korbpar, indem das $+$ Körperwesen die $-E$, diese die $+$ E, diese das $-$ Körperwesen anziehen. Eine Menge von Ewesen wird hiebei aus dem kreifenden Laufe um den Korb und um das entgegengesetzte Ewesen gerissen und zum Stillstande gebracht, die Bewegung derselben aber auf die Körbe übertragen, die hiedurch wie durch die lebhafte Anziehung und Näherung in heftige Schwingung und Wärme geraten und die freie Wärme zur Erscheinung bringen. Den Beweis für diese Verhältnisse haben wir oben geliefert und können hier darauf verweisen.



Zeichn. 57.

22. Die Bildung der Luft und der Korbbälle.

Die niedrigste Form der Körperwelt ist die Luft. In der Luft stehen die einzelnen Korbbälle (Molecules) noch vereinzelt und durch leere Räume von den andern gefondert, gelangen noch nicht zu einer Einwirkung auf einander. Der luftförmige Zustand ist daher auch der Urzustand der Körperwelt, der gleichsam das Eileben oder Keimleben des Weltalls darstellt. Wie die Geschichte des Weltalls uns zeigen wird, ist er der Zustand, in dem am Schöpfungsmorgen das ganze Weltall ruht und aus dem allmählich erst die höhern Formen der Körperwelt sich entwickelt haben.

Die Korbbälle (Molecules) der Luft bewegen sich in parabelartigen Bahnen, bis sie auf einen andern Korbball stosen, der sie abstößt und zurückprallen lässt. Je dichter die Korbbälle der Luft stehen, um so öfter prallen sie auf einander, um so mehr stosen sie also auch einander ab. Man kann die Stärke dieser Abstosung genau messen, wenn man die Luft in ein Gefäß einschließt, dessen eine Wand beweglich ist, wie z. B. der Stempel in einer hohlen Walze.

Bei diesem Stose der Korbbälle sind es die Hüllen der Körbe, d. h. die Epare, welche auf einander stosen und von einander abprallen. Aber auch hier darf man sich die Sache nicht so vorstellen, als ob wirklich die Ewefen des einen Korbes unmittelbar auf die Ewefen des andern Korbes stiesen oder wohl gar zwischen die Ewefen des andern Korbes eindringen, vielmehr stosen sich die Epare schon in gewisser Entfernung ab, da die Abstosungskraft der Epare in nächster Nähe zunimmt, wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung abnimmt.

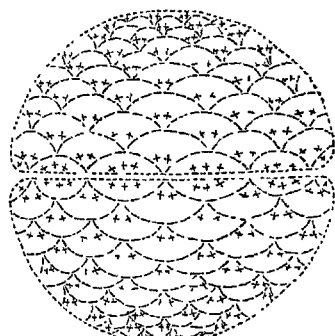
Wenn die Erdluft unter einem Drucke von 0.76 m Queck steht, so hat bei 0° C. jeder Korbball 0.30 Milliontel mm Durchmesser und nehmen die Korbbälle 353 Milliontel des Raumes ein, oder sie stehen um das 14fache ihres Durchmessers von einander ab. Dabei bewegen sie sich mit einer Schnelligkeit von 485 m in der Sekunde, und machen im Mittel einen Weg von 105.9 Milliontel mm, oder 353 mal so weit, als sie dick sind, ehe sie auf einander stosen und stosen daher in jeder Sekunde im Mittel 4578 Millionen mal auf einander. Das Genauere haben wir bereits in Nummer 13 bis 15 kennen gelernt und können hier darauf verweisen.

Die Gestalt der Korbbälle ist im Ganzen die einer Kugel oder die eines Drehkreifels (Ellipsoids) mit kleiner und groser Achse. Es ist einleuchtend, dass die Gestalt dieser Korbbälle je nach den Stösen eine wechselnde sein muss, dass aber diese wechselnden Gestalten immer wieder zu der Form des ruhenden Korbballes zurückkehren müssen.

Nur bei drei Grundstoffen: Queck, Kadmium und Zink, ist der Korbball ein einfacher Korb, welcher aus einem Korbe besteht, bei allen andern Grundstoffen und bei den chemischen Verbindungen besteht er aus zwei oder mehrten Körben.

Bei der grossen Mehrzahl der Grundstoffe besteht der Korbball aus einem Doppelkorbe, bei Phosphor und Arfen besteht er aus vier Körben. Die Körbe haben ein Streben, sich zu verbinden; werden

sie aus einer Verbindung ausgetrieben, so haben sie sofort das Streben, sich anderweit zu verbinden. Es treten daher, auch wenn eine chemische Verbindung nicht stattfindet, wenigstens zwei Körbe desselben Grundstoffes zu einem Doppelkorbe zusammen. Der Doppelkorb hat dann im Mittel die Gestalt einer Kugel. Jeder einfache Korb hat daher nahe die Gestalt einer Halbkugel.



Zeichn. 58.

Was es ist, was die beiden Körbe desselben Stoffes zu einer Einheit, zu einem Korbballe verbindet, das lässt sich nicht mit Sicherheit nachweisen. Möglich, dass der Kreislauf der Epare um den Gleicher des Korbes einmal dem Korb die Gestalt einer Halbkugel verleiht und dass die gleichlaufenden Eströme sich gegenseitig anziehen und dadurch die Körbe zu Doppelkörben vereinen.

Bei den chemischen Verbindungen gilt das Gesetz der Verkettung der Körbe, welches wir in Nummer 15 kennen lernten. Bei dieser Verkettung darf man sich aber nicht die einzelnen Körbe als in einer Linie an einander hängend denken, sondern muss sie in der Weise lagernd denken, dass sie möglichst eine Kugel bilden. In der folgenden Tafel sind für die einzelnen Stoffe und ihre Verbindungen die Durchmesser, die Querschnitte und der Rauminhalt aus der Tafel auf Seite 154, die mit * Bezeichneten aus der Tafel auf Seite 142 aufgenommen, und dann ist hinzugefügt, wieviel die Körbe in dem Rauminhalte der Verbindung einnehmen, wenn man einfach ihre Räume addirt und wieviel Raum noch unausgefüllt freibleibt. Der Durchmesser der Korbbälle ist in Tausend-Milliontel mm, der Querschnitt in Tausend-Billiontel (mm)², der Rauminhalt in Quadrilliontel (mm)³ angegeben.

Tafel über den Rauminhalt und die Lagerung der Körbe
in den Korbbällen.

Nummer.	N a m e.	Korbball. Formel.	Korbball.		Raum- inhalt. Quadril- lontel (mm) ³ .	Raum- inhalt der Körbe. Quadril- lontel (mm) ³ .	Leerer Raum im Korb- ball. Quadril- lontel (mm) ³ .
			Durch- messer Taufend Mil- lontel mm.	Quer- schnitt Taufend- Bil- lontel (mm) ² .			
75	Brom	Br ₂	455	162, ₇	49370		
+*	Chlor	Cl ₂	410	132, ₀	36086		
5*	Wasserstoff	H ₂	220	38, ₀	5570		
2*	Sauerstoff	O ₂	292	66, ₈	12990		
237	Schwefel	S ₂	388	118, ₄	30660		
4*	Stickstoff	N ₂	302	71, ₆	14410		
+	Kohle	C ₂	314	77, ₄	16210		

Ein- und zweibindige.

95	Chlorwasserstoff	HCl	369	107, ₀	26345	24460	1885
231	Wasser	OH ₂	316	78, ₃	16490	12065	4425
198	Schwefelchlorür	SCl	412	133, ₄	36650	33373	3277
197	Schwefelchlorid	SCl ₂	480	181, ₃	58060	51416	6644
239	Schwefligsäure Anhydrit	SO ₂	422	139, ₉	39360	28320	11040

Dreibindige.

234	Ammoniak	NH ₃	368	106, ₅	26150	15560	10590
94	Chlorstickstoff	NCl ₃	508	199, ₀	66770	61334	5436
11*	Stickoxyd	NO	306	73, ₆	15020	18700	1320

Vierbindige.

17*	Kohlenoxyd	CO	303	72	14530	14600	—
99	Cyan Di-	(CN) ₂	472	174, ₉	55080	30620	24460
100	Cyanwasserstoff	CNI	406	129, ₆	35080	18095	16985
130	Kohlenfulfid	CS ₂	471	174, ₃	54750	38765	15985
13*	Grubengas	CH ₄	326	83, ₂	18050	19245	—
129	Kohlensuperchlorid	CCl ₄	557	243, ₆	90420	80277	10143
15*	Methylchlorür	CH ₃ Cl	443	154	45460	34503	10957
136	Methylbromür	CH ₃ Br	464	169, ₁	52330	41145	11185
3	Aethyl Di-	(C ₂ H ₅) ₂	553	240, ₂	88580	60270	28310
19*	Aethylen	(CH ₂) ₂	394	121, ₆	31900	27350	4550
8*	Aethylchlorür	C ₂ H ₅ Cl	491	189, ₆	62100	48178	13922
9	Aethylchlorid	C ₂ H ₄ Cl ₂	519	211, ₃	78080	63436	9644

Nummer.	N a m e.	Korbball. Formel.	Korbball.		Raum- inhalt.	Raum- inhalt der Körbe.	Leerer Raum im Korb- ball.
			Durch- messer Taufend Mil- liontel mm	Quer- schnitt Taufend- Milli- onitel (mm) ²			
16	Aethylenchlorid	(CH ₂ Cl) ₂	518	211 _{,0}	72890	63436	9454
10	Dichloräthylchlorid	C ₂ H ₃ Cl ₃	558	244 _{,2}	90800	78694	12106
17	Aethylenrichlorid	CH ₂ Cl + CHCl ₂	548	235 _{,5}	86000	78694	7306
11	Trichloräthylchlorid	C ₂ H ₂ Cl ₄	577	261 _{,5}	100580	93952	6628
18	Aethylenetetrachlorid	(CHCl ₂) ₂	567	252 _{,7}	95580	93952	1628
12	Tetrachloräthylchlorid	(C ₂ HCl ₅)	592	275 _{,0}	108480	109210	—
7	Aethylbromr	C ₂ H ₅ Br	506	201 _{,3}	67940	54820	13120
15	Aethylbromid	C ₂ H ₄ Br ₂	534	224 _{,0}	79750	76720	3030
13	Aethyleyanr	C ₂ H ₅ CN	494	191 _{,5}	63040	57665	5375
20	Aethylenoxyd	C ₂ H ₄ O	441	153 _{,0}	45050	33845	11205
31	Allyl, Di-	(C ₃ H ₅) ₂	594	277 _{,3}	109850	76480	33370
35	Allylchlorür	C ₃ H ₅ Cl	519	211 _{,9}	73360	56283	17077
34	Allylbromür	C ₃ H ₅ Br	525	216 _{,7}	75870	62925	12945
36	Allyleyanr	C ₃ H ₅ CN	519	211 _{,1}	73140	65770	7370
46	Amyl, Di-	(C ₅ H ₁₁) ₂	694	387 _{,4}	175120	142320	32800
51	Amylchlorr	C ₅ H ₁₁ Cl	597	280 _{,1}	111540	89203	22337
50	Amylbromr	C ₅ H ₁₁ Br	617	299 _{,6}	123380	95845	27535
52	Amyleyanr	C ₅ H ₁₁ CN	595	278 _{,1}	110310	83390	26920

†* Für Chlor Cl₂ ergibt sich aus der Tafel auf

	Durchmesser.	Querschnitt.	Rauminhalt.	Rauminhalt von Cl.
a) Seite 154	454	161 _{,7}	48900	24450
b) Seite 142	436	149 _{,2}	43350	21675
c) aus den Verbindungen	410	132 _{,0}	36086	18043

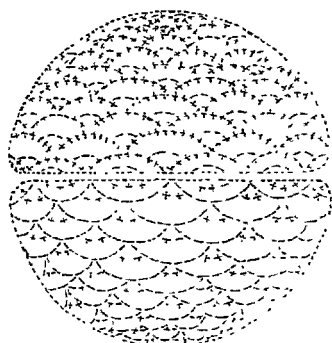
Fhrt man die ersteren Werte in die Verbindungen ein, so ergeben sich viel zu hohe Werte, so ergibt die Addition des Rauminhalts der Körbe für

	a)	b)	c)
C ₂ HCl ₅	141245	127370	109210
C ₂ H ₂ Cl ₄	119580	108480	93952

Man darf also für die Verbindungen des Chlors nur den letzten Wert in Rechnung stellen.

† Die Kohle kennt man nicht im flüssigen und luftförmigen Zustande. Der Rauminhalt derselben kann daher nur aus ihren Verbindungen abgeleitet werden. Aber auch diese Verbindungen ergeben einen ganz verschiedenen Rauminhalt je nach den Verbindungen, welche man zu Grunde legt.

Der Korb des Kohlenoxydes CO hat nach der Tafel auf Seite 142 den Durchmesser

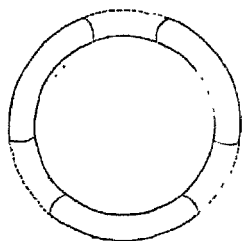


Zeichn. 59.

Bei den Verbindungen der einbindigen Stoffe lagern beide Körbe unmittelbar an einander. Bei dem Chlorwasserstoffe HCl lagert sich der Korb des Wasserstoffes unmittelbar an den des Chlors und wird dabei so in die Breite gedehnt, dass er nur noch $94\frac{3}{4}$ Tausendmilliontel mm Dicke behält.

Bei den Verbindungen der zwei-bindigen Stoffe lagern die Endkörbe in der Regel an beiden Seiten des Mittelkorbes.

Bei den Verbindungen der drei-bindigen Stoffe lagern die drei Endkörbe rings um den dreibindigen Korb. Bei dem Ammoniak füllen die Wasserstoffkörbe diesen Raum nicht aus und bleiben daher zwischen den Wasserstoffkörben bedeutende Räume frei. Der Stickstoffkorb nimmt, wenn man in Quadrilliontel $(\text{mm})^3$ rechnet, 7205 Teile ein, rings um ihn erfüllen die drei Wasserstoffkörbe 8355 Teile und lassen 10590 Teile frei. Oder der Stickstoff bildet eine Kugel von 240 Tausendmilliontel mm Durchmesser, der Wasserstoff bildet ringsum eine Schicht von $64\frac{1}{2}$ Tausendmilliontel mm Durchmesser, von der er aber nur 44 Hundertel des Raumes einnimmt. Beim Chlorstickstoffe bilden die Chlorkörbe rings um den Stickstoff eine Schicht von $131\frac{5}{8}$ Tausendmilliontel mm Durchmesser.



Zeichn. 60.

303, also ist der Rauminhalt, wenn x den Durchmesser der Kohle bezeichnet, $303^3 \frac{\pi}{6} = x^2 (x + 146) \frac{\pi}{6}$ d. h. $x = 305$.

Nach derselben Tafel ist für das Grubengas CH_4 der Durchmesser des Korbes $d = 326$, der Rauminhalt also 18050 Quadrilliontel $(\text{mm})^3$. zieht man davon $\text{H}_4 = 11140$ ab, so bleiben für C 6910, oder für C_2 13820 und ist demnach der Durchmesser der Kohle 298.

Legt man dagegen aus der Tafel Seite 159 den Durchmesser und Rauminhalt für Cyan, Cyan-Wasserstoff und Kohlenfulfid zu Grunde, so ergibt sich der Durchmesser der Kohle zu 390, denn es ist z. B. für Cyan

$$(\text{CN})_2 = 2 \cdot 390^3 (195 + 151) \frac{\pi}{6} = (472)^3 \frac{\pi}{6}.$$

Legt man dagegen die anderen Kohleverbindungen aus derselben Tafel zu Grunde, so ergibt sich der Durchmesser der Kohle gleich 314 Tausendmilliontel mm, und das Raumgewicht des Kohlenballes $2\frac{390}{395}$ gegen Wasser.

Von den vierbindigen Stoffen ist die Kohle der wichtigste Stoff. Den Rauminhalt des Kohlenkorbes haben wir bereits in der Anm. zu Seite 241 kennen gelernt. Die Verbindungen zeigen uns hier recht deutlich, wie fehlerhaft es wäre, wollten wir uns die Verbindungen als lange Linien vorstellen, welche fadenartig gestaltet wären. Im Gegenteile, dieselben zeigen mehr oder weniger Kugelgestalt, wenn auch die Verbindung selbst von Korb zu Korb linienartig fortschreitet. Genauer lässt sich zur Zeit über die Lagerung der Körbe nicht sagen.

23. Die Bildung der Flüssigkeit und der Korbtröpfen.

Wird der Druck auf eine Luft so gros, dass die Schwingungen der Körbe ihm nicht das Gleichgewicht halten, so verlieren die Körbe ihren parabelartigen Schwung und rücken bis in die nächste Nähe an einander. Die Körbe kreifen dann so um einander, dass die Körbe sich gleichsam berühren, d. h. bei noch weiterer Näherung sich gegenseitig abstossen und daher nicht zusammengedrückt werden können. Die Luft ist eine Flüssigkeit geworden.

Die Flüssigkeit ist die zweite Form der Körperwelt. In der Flüssigkeit schwingen noch die kleinsten Teilchen, die Korbtröpfen, in lebhaftem Laufe um einander und kreifen Tropfen um Tropfen, so dass jeder Tropfen durch jede Kraft um den andern geschoben werden kann, und die Flüssigkeit jede beliebige Gestalt annimmt. Andererseits sind aber die Korbtröpfen schon so nahe an einander gerückt, dass sie auch bei sehr grossem Drucke sich nur noch sehr wenig nähern, oder dass sie ihren Raum behaupten. Der Wasserdampf von der Dichte eines Luftdruckes nimmt, wenn er sich bei abnehmender Wärme zur Flüssigkeit niederschlägt, nur $\frac{1}{1700}$ seines Raumes ein, d. h., da $12 \times 12 \times 12 = 1728$ ist, die Körbe stehen in der Flüssigkeit in jeder Richtung 12mal so eng an einander als in der Luft. Die Flüssigkeit wird auch beim stärksten Drucke nur äusserst wenig zusammengedrückt; so wird eine Säule Wassers, deren Querschnitt ein Centimeter ist, durch das Gewicht von 1 Kilogramm nur um 50 Milliontheile ihrer Länge zusammengedrückt. Die Abstosungskraft der Körbe nimmt mithin schon bei sehr geringer Näherung sehr bedeutend zu. Trotz der Schwingung der Körbe, bei welcher jeder Korb um den andern kreift, müssen daher die Körbe sich doch sehr nahe berühren und sich bei weiterer Näherung

der Körbe sehr heftig abstosen und bald jedem beliebigen Drucke das Gleichgewicht halten.

Die Schwingung der Korbtröpfen ist in der Flüssigkeit also eine ganz andere geworden als die der Korbbälle in der Luft. Aus der parabelartigen Bahn der kleinsten Bälle in der Luft ist in der Flüssigkeit eine kreisartige Bahn der grössern Tröpfen geworden. Jeder Tröpfen rollt gleichsam um den andern, wie ein Kammrad um das andere. Auch in der Flüssigkeit sind es wieder die Epäre der Korbhülle, welche einander abstosen, den einen Korb von dem Raume des andern ausschliessen und stets in der gleichen Entfernung halten.

Bei dem Uebergange aus dem luftartigen Zustande in den flüssigen, d. h. bei dem Uebergange aus der Parabelbahn der Bälle in die Kreisbahn der Tröpfen kommt ein großer Teil der Bewegung der Bälle zur Ruhe und wird, da er nicht verloren gehen kann, frei, d. h. tritt als freie Wärme in die Erscheinung, welche andern Körpern mitgeteilt, oder durch Strahlung verbreitet wird.

Eine sichtbare Fläche, der Flüssigkeitsspiegel, begrenzt die Flüssigkeit nach ausen und scheidet sie von der umgebenden Luft. Die Lichtwellen werden von diesem Spiegel teils zurückgeworfen und bilden in dem zurückgeworfenen oder reflectirten Lichte ein Spiegelbild, indem die Wellen unter dem gleichen Winkel abprallen, unter dem sie an die Spiegelfläche herantraten, teils werden sie in die Flüssigkeit aufgenommen, aber gebrochen, und setzen in der Flüssigkeit ihren Weg unter verändertem Winkel, dem Brechungswinkel, fort.

Im Innern der Flüssigkeit tritt bei der nahen Berührung der Flüssigkeitsteilchen oder Korbtröpfen die Möglichkeit neuer chemischer Einwirkungen ein und treten dadurch chemische Verbindungen hervor, welche bei den Luftarten unmöglich waren. Die einfachen chemischen Verbindungen vereinigen sich in der Flüssigkeit zu Salzen. Die Salze tauschen mannigfach ihre Stoffe um; das ganze Spiel von Veränderungen tritt ein, welches uns die Mischkunst bei der Mengung chemischer Flüssigkeiten zeigt. Die Zahl der neuen Verbindungen ist überaus bedeutend und beweist, welche reiche Fülle von Erscheinungen dem Flüssigkeitsreiche bereits angehört.

Die Gestalt der kleinsten Teilchen der Flüssigkeit, der Korbtröpfen, ist die einer Kugel. Wäre die Form noch eine langgestreckte, so wäre der Korbtröpfen noch durch den Druck leicht zusammenpressbar, was bei der Flüssigkeit nicht mehr der Fall ist. Wäre die Form des Korbtröpfens eine eckige, so könnten sich die

Tropfen der Flüssigkeit nicht durch jede noch so kleine Kraft verschoben lassen, und trotz des unmittelbaren Aneinandergrenzens beliebig um einander rollen. Solange dagegen die Theilchen eines Korbes noch rund, noch kugelförmig sind, so ist eine feste Lage derselben unmöglich. Eine Reibung der kleinsten Theilchen an ihrer Oberfläche kann man nicht zugeben; denn eine Reibung ist nur möglich, wo Körperteil auf Körperteil sich bewegt, nicht aber, wo die Epäre der Hüllen in schnellem Tanze kreifen. Die kugelförmigen Tropfen der Flüssigkeit verhalten sich also ganz wie ein Haufen polirter Kugeln, welche durch jede kleinste Kraft verschoben werden können und um einander rollen. Jeder Körper bleibt demnach solange flüssig, als seine kleinsten Theilchen die Gestalt von Kugeln behalten.

Den Bau der kleinsten Teile der Flüssigkeit, der Korbtröpfen, haben wir bereits in Nummer 14 ausführlich besprochen und kann hier darauf verwiesen werden.*

24. Die Bildung der Gesteine.

Verliert die Flüssigkeit soviel an Wärme, d. h. an Bewegung ihrer kleinsten Theilchen, der Korbtröpfen, dass die Tropfen nicht mehr um einander kreifen, und sich also nicht durch jede noch so kleine Kraft verschieben lassen, so wird aus der Flüssigkeit ein Gestein, die Flüssigkeit friert oder erstarrt, ihre kleinsten Theilchen erhalten eine feste Lage. Wieder geht die Bewegung, welche die kleinsten Theilchen bei diesem Uebergange einbüßen, in freie Wärme über. Ein Kilogramm Wasser, welches gefriert und Eis wird, giebt soviel Wärme frei, um 79 Kilogramm Wasser um einen Grad zu erwärmen.

Beim Gefrieren verlieren also die kleinsten Theilchen soviel an Bewegung, dass sie nicht mehr um einander kreifen, sondern dass ein jedes kleinste Theilchen seine Stelle den andern Theilchen gegenüber bleibend behauptet. Die Gestalt des Körpers ist daher nicht mehr veränderlich, die kleinsten Theilchen lassen sich nicht mehr um einander verschieben, sondern jeder kleinste Teil behauptet seine Stelle, der Körper behauptet seine Gestalt.

Auch im Gesteine halten, wie in der Flüssigkeit, Anziehungskraft und Abstosungskraft einander das Gleichgewicht und wächst bei weiterer Annäherung der kleinsten Theilchen die Abstosungskraft und zwar über

* Vergleiche die Anmerkung zu Nummer 14.

jede Grenze hinaus. Das Neue ist allein, dass im Gesteine die kleinsten Teilchen ihre feste gegenseitige Lage behaupten und sich nicht, wie in der Flüssigkeit, beliebig verschieben lassen. Jedes Gestein hat daher eine bestimmte, feste Gestalt. Die einfache Gestalt des Gesteines heist eine Eckgestalt, und zwar wenn die gegenüberliegenden Kanten gleichlaufend sind, eine Spatgestalt oder Krystallgestalt.

Auch im Gesteine liegen übrigens die kleinsten Teilchen nicht schlechthin fest. Wird das Gestein erwärmt, so dehnt es sich aus, wird es abgekühlt, so zieht es sich zusammen. Die kleinsten Teilchen können also auch im Gesteine noch ferner oder näher rücken, sie sind noch warm, d. h. sie schwingen noch hin und her, stoßen noch auf einander, prallen noch an einander, aber ihr Schwung ist nicht mehr so stark, dass sie um einander herum rollen.

Wenn nämlich der flüssige Körper erstarrt oder gefriert, und wenn demnach seine kleinsten Teilchen eine feste gegenseitige Lage annehmen, so können die kleinsten Teilchen nicht mehr die Kugelgestalt behalten. In der That waren auch schon bei der Flüssigkeit die kleinsten Teilchen, die kugelförmigen Korbtröpfen, so nahe an einander gerückt, dass die Wirkungssphären derselben sich unmittelbar berührten und auch bei dem stärksten Drucke sich nur noch sehr wenig einander näherten. Beim Gefrieren der Flüssigkeit wird nun aber von Neuem eine bedeutende Menge Wärme frei, die kleinsten Teilchen rücken also nochmals einander wesentlich näher und müssen also eine eckige Gestalt annehmen. Solange die kleinsten Teilchen nämlich Kugelgestalt haben und Bälle oder Tropfen sind, ist zwischen den Kugeln ein bedeutender Zwischenraum frei, dieser verschwindet aber, wenn die kleinsten Teilchen eine eckige Gestalt annehmen und sich wie die Seifenblasen unmittelbar mit ihren ebenen Flächen an einander legen.* Die kleinsten Teilchen, die Korbkugeln, gewinnen also beim Gefrieren vieleckige Gestalten mit ebenen Grenzflächen, mit denen sie sich gegenseitig an einander legen und gegenseitig pressen. Die kleinsten Teilchen verlieren beim Gefrieren die Gestalt der Kugel und erhalten die Gestalt eines Ecks. Man kann daher das kleinste Teilchen des Gesteins auch ein Korbeck nennen,

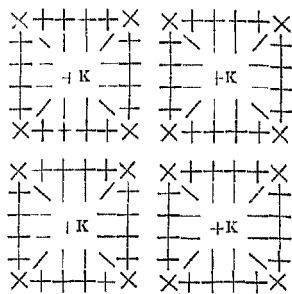
* Der Raum der Kugel mit dem Durchmesser ist bekanntlich $\frac{\pi}{6} d^3$, der

Raum des Würfels mit dem Durchmesser d ist d^3 , darnach füllt die Kugel 52.36 Hundertel des Raumes und lässt 47.64 Hundertel frei, auch dann, wenn sich die Kugeln unmittelbar, wie in der Flüssigkeit, berühren.

oder, wenn die gegenüberliegenden Kanten gleichlaufend sind, ein Korbspat. Erst durch diese vieleckigen Gestalten mit ebenen Grenzflächen erhalten die kleinsten Theilchen ihre feste Lage und lassen sich nicht um einander verschieben.

Sobald also die kleinsten Theilchen in Folge ihres gegenseitigen Druckes eine vieleckige Gestalt annehmen, so ist jedes Verschieben unmöglich und ergeben sich notwendig die Gesetze der Spatung (KrySTALLISIRUNG), wie wir sie im Folgenden wissenschaftlich ableiten werden.

In jedem kleinsten Theilchen, in jeder Korbecke sind es auch hier wieder die Epare der Hülle, welche einander abstossen, und durch welche sich auch die Theilchen einander abstossen. Im Zustande der Ruhe oder im Gleichgewichte ist auch im Gesteine die Anziehungskraft der Theilchen ihrer Abstosungskraft gleich; aber bei weiterer Näherung gewinnt sehr bald die letztere, bei weiterer Entfernung sehr bald die erstere ein Uebergewicht über die andere. Die gegenseitige Anziehung der Theilchen beruht nämlich erstens in der Anziehung der Körperkerne der Körbe, diese nimmt ab wie das Quader der Entfernung r der Körperkerne von einander zunimmt, und ausserdem in der Anziehung der Körperkerne auf die Etherhüllen, und diese nimmt ab, wie der Würfel der Entfernung zunimmt, oder umgekehrt wie eine höhere Höhe (Potenz). Dagegen beruht die gegenseitige Abstosung der Theilchen in der Abstosung der Epare in der Korbhülle und diese nimmt ab, wie die vierte Höhe (Potenz) der Entfernung c der beiderseitigen Epare oder der Hüllen von einander zunimmt, wobei bemerkt werden muss, dass diese Entfernung gegen die der Körperkerne von einander und von den Etherhüllen überaus klein ist. Das Nähere über die Verhältnisse dieser Kräfte siehe in den Anmerkungen. Bei weiterer Näherung der Theilchen gewinnt daher sehr bald die Abstosungskraft ein bedeutendes Uebergewicht über die Anziehungskraft; umgekehrt gewinnt bei weiterer Fernerung der Theilchen sehr bald die Anziehungskraft ein Uebergewicht über die Abstosungskraft und bleibt bald nur die erstere wirksam.



Lagerung der Korbwürfel.

Zeichn. 61.

$$\frac{+K \quad \quad \quad \overset{c}{-+ + -} \quad \quad \quad +K}{r}$$

Zeichn. 62.

Hieraus geht hervor, dass die kleinsten Theilchen des Gesteines oder die Korbecken sich nicht ohne eine bedeutende Kraftanstrengung trennen lassen. Das Gestein hat Haltbarkeit und Festigkeit, es behauptet seinen Zusammenhang. Sobald nämlich die Theilchen von einander entfernt werden, so gewinnt die Anziehungskraft sehr schnell ein sehr bedeutendes Uebergewicht über die Abstosungskraft und hindert die weitere Entfernung und Trennung der Theilchen, immer aber muss es doch hier eine Grenze geben, bei welcher schliesslich die Theilchen sich von einander trennen.

Die Haltbarkeit der Gesteine oder festen Körper, d. h. die Festigkeit, mit welcher sie einem Zuge widerstehen, ehe sie zerreißen, wird bestimmt durch die Zahl der Gramme, welche ein Stab von 1 □mm Querschnitt des Stoffes tragen kann, ehe er zerreißt. Die Haltkraft giebt an die Kraft, mit welcher der Stab hält. Sei $9.807.92^m = 9807.92$ mm die Fallrute, so ist die Haltkraft, welche der Haltbarkeit $= 60000$ Gramm entspricht, gleich 60000×9807.92 Gramm-millimeter oder gleich 588.5 Millionen grmm (gelesen Grammmillimeter). Hienach sind die folgenden Zahlen berechnet. (Vergl. Anm. 2a.)

Tafel über die Haltbarkeit der Stoffe
bei 1 □mm Querschnitt in Grammen und der Haltkraft
in Millionen Grammmillimetern.

E r z e.

	Haltbarkeit, Gramm.	Haltkraft. Millionen grmm.
Schmiedeeisen, reinstes, stärkstes	60000	588.5
feines, weiches	46000	451.2
mittleres, Stangeneisen	40000	392.3
schwächstes in groben Stäben	25000	236.2
Eisendraht, ungeglühter	69500	681.6
geglühter	36000	353.1
in Bündeln oder Ankertauen	30000	294.2
Dratseile von 9 Millim. Durchmesser } schwed. Drat .	55060	540.0
aus 36 Eisendrähten (6 Litzen) } franz. „	54530	534.8
Ketten aus weichem } gewöhnl. mit längl. Gelenken.	24000	235.4
Eisen } durch Stege verstärkte Gelenke	32000	313.9
Eisenblech, in der Richtung der Fasern	35450	347.7
senkrecht auf die Fasern	35250	345.7
Gusseisen, weisses	10500	103.0
graues	11000	107.9
Stahl, roher Schmeltzstahl	61760	599.0
Cementstahl	89790	880.6

	Haltbarkeit.	Haltkraft.
	Gramm.	Millionen grmm.
Stahl, raffinierter Schmeltzstahl, weich, zu Federn....	67880	665,8
" " zu Messern	71860	704,8
" " zu Feilen	75990	745,3
Gussstahl, weichste Sorte, zu Federn	72150	707,6
" harter, zu Maschinenteilen ..	72590	711,9
" sehr hart, zu Prägstempeln	104880	1028,6
" in der Kirschrotglut gehärtet, blau ..	108310	1013,3
" dunkelrot gehärtet, blau angelassen .	136890	1342,6
härtester Gussstahl, schwarzrot gefärbt, grau an- gelassen	142870	1401,3
Stahlrat, ungeglüht	86500	848,4
geglüht	61000	598,3
Kupfer, gewalzt, in der Richtung der Länge	21000	206,0
geschlagen	25000	245,2
gegossen	13400	131,4
Kupferdrat, ungeglüht	40500	397,2
geglüht	23500	230,5
Messing	12500	122,6
Messingdrat, ungeglüht	59500	583,6
geglüht	32500	318,8
Kanonenerz	23000	225,6
Argentandrat, ungeglüht	72500	711,1
geglüht	51500	505,1
Zink, gewalztes	5000	49,0
gegossenes	6000	58,8
Zinkdrat	14000	137,3
Zinn, gegossenes	3000	29,4
Zinndrat	3850	37,6
Blei, gewalzt	1350	13,2
gegossen	1280	12,6
Bleidrät	2000	19,6
Aluminium, gegossen	10970	107,6
kalt gehämmert	20270	198,8
Aluminiumdrat	11500	112,8
Silberdrat, von feinem Silber, ungeglüht	32000	313,9
von feinem Silber, geglüht	18000	176,5
von 12lötigem Silber, ungeglüht	63500	622,8
von 12lötigem Silber, geglüht	40000	392,8
Golddrat, von feinem Gold, ungeglüht	20500	201,1
von feinem Gold, geglüht	17000	166,7
von Pistolengold (65 Gold, 7 Kupfer)	46000	451,2
14karät. Gold (14 Gold, } ungeglüht	93500	917,0
7 Kupfer, 3 Silber) } geglüht	69000	676,8
Platindrät, ungeglüht	34000	333,5
geglüht	27500	269,7

Hölzer.

	Haltbarkeit. Gramm.	Haltkraft. Millionen gramm.
Tanne, in der Richtung der Fasern.....	4500—7000	44.1—68.7
senkrecht auf die Fasern.....	200—490	2.9—4.4
Buche, in der Richtung der Fasern.....	4000—6000	39.2—58.5
senkrecht auf die Fasern.....	600—800	5.9—7.8
Eiche, in der Richtung der Fasern.....	5000—7000	49.9—68.7
senkrecht auf die Fasern.....	600—1500	5.9—14.7
Esche, in der Richtung der Fasern.....	7000—9000	68.7—88.3
senkrecht auf die Fasern.....	200—500	2.9—4.9
Ahorn, in der Richtung der Fasern.....	4000—5000	39.2—49.9
senkrecht auf die Fasern.....	700—1000	6.9—9.8
Buchsbaum, in der Richtung der Fasern.....	11000—12000	107.9—117.7

Steine.

Bafalt von Auvergne.....	770	7.5
Kalkstein von Portland.....	600	5.9
weiser, von feinem Korn.....	150	1.5
mit körnigem Gefüge, sandig.....	230	2.3
Backstein, harter, stark gebrannter.....	190	1.9
roter, schwach gebrannter.....	80	0.8
Gips, mit Kalkmilch angereichert.....	120	1.2
mit Wasser angereichert.....	40	0.4
Mörtel aus sehr hydraulischem Kalk.....	150	1.5
Glas in Röhren oder Stäben.....	2480	24.3

Fäden der Pflanzen oder Tiere.

Geteerte Hanftaue bei der englischen Marine.....	3900	38.3
bei der französischen Marine.....	4350	42.7
Seile aus Strasburger Hanf, 13—14 Millim. Durchmesser.....	880	86.3
aus Lothringer Hanf, 28 Millim. Durchmesser ..	6000	58.8
Coconfaden.....	43620	427.5
Spinnwebfaden.....	500000	4903.9

Die Dehnbarkeit (Elasticität) der Stoffe wird bestimmt durch das Dehnmas (Elasticitätsmodul), die Dehngrenze (Elasticitätsgrenze) und die Dehnlänge der Stoffe.

Das Dehnmas (der Elasticitätsmodul) giebt die Anzahl Gramme an, welche angehängt werden müssen, um einen Stab von 1 □mm Querschnitt um ein Milliontel seiner Länge auszudehnen.

Die Dehngrenze (Elasticitätsgrenze) giebt die Anzahl Gramme an, welche einen Stab von 1 □mm Querschnitt um 50 Milliontel seiner Länge bleibend verlängern.

Die Dehnlänge giebt an, um wieviel Milliontel der Länge der Stab an der Dehngrenze sich verlängert hat.

Tafel des Dehnmases, der Dehngrenze und der Dehnlänge.

	Angelassenes Erz.			Gezogenes Erz.		
	Dehnmass. Gramm.	Dehngrenze. Gramm.	Dehnlänge. Milliontel der Länge.	Dehnmass. Gramm.	Dehngrenze. Gramm.	Dehnlänge. Milliontel der Länge.
Eisen	20 ⁷⁹⁴	5000	240	20 ⁸⁶⁹	32500	1557
Stahl	17 ²⁷⁸	15000	868	18 ⁸⁰⁹	44000	2339
Gussstahl	19 ⁵⁶¹	5000	255	19 ⁵¹⁹	55600	2844
Kupfer	10 ⁵¹⁹	3000	285	12 ⁴⁴⁹	12000	964
Messing	—	—	—	9 ²⁰⁰	25000	2717
Zink	—	—	—	8 ⁷³⁵	—	—
Blei	1 ⁷²⁷	200	116	1 ⁸⁰³	250	138
Platin	15 ⁵¹⁸	14500	935	17 ⁰⁴⁴	26000	1525
Silber	7 ¹⁴⁰	2750	385	7 ³⁵⁸	11250	1529
Gold	5 ⁵⁸⁵	3000	537	8 ¹³²	13500	1660
Spiegelglas	7 ⁰¹⁵	—	—	—	—	—
Fensterglas	7 ⁹¹⁷	—	—	—	—	—

Um die Bildung der Gesteine aus den kleinsten Theilchen, den Korbecken, wissenschaftlich nachweisen zu können, müssen wir zunächst die Gesetze des Erstarrens, oder die Gesetze der Spatlehre, Krystallogonomie, kennen lernen.

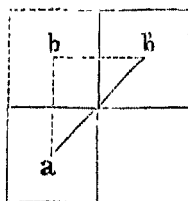
Anm. 1. Beweis für die eckige Gestalt der Korbecke.

Der Satz:

In jedem Gesteine sind die kleinsten Theilchen Vielecke, welche mit ebenen Flächen an einander grenzen, ist wieder von solcher Wichtigkeit für die Wissenschaft, dass es geboten erscheint, ihn noch besonders zu beleuchten und zu beweisen.

1. Wenn in einem Körper die kleinsten Theilchen mit ebenen Flächen an einander stoßen, so können die Theilchen nur durch eine sehr bedeutende Kraft getrennt oder verschoben werden, d. h. der Körper ist ein Festkörper. Im obigen Körper herrscht wie in jedem andern Körper Ruhe und Gleichgewicht, d. h. es ist vor der Trennung die Abstosungskraft der Theilchen ebenso groß als ihre Anziehungskraft.

Die Theilchen aber stoßen sich ab durch die dicht an einander grenzenden Etherhüllen und diese Abstosungskraft verhält sich umgekehrt wie die vierte Höhe (Potenz) von der Entfernung der beiderseitigen Etherhüllen; bei weiterer Entfernung der Theilchen wird daher die Abstosungskraft bald verschwindend klein. Die Theilchen ziehen sich dagegen an durch die im Mittelpunkt der Theilchen lagernden Körpermassen bezüglich durch die Anziehung der Körpermassen auf die Etherhüllen der benachbarten Körbe, und diese Anziehungskraft



Verschiebung der Korbbecke.

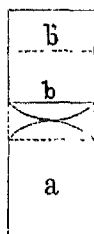
Zeichn. 63.

verhält sich umgekehrt wie das Quader von der Entfernung der Schwerpunkte der beiden Theilchen, bezüglich wie die dritte Höhe der Entfernung. Bei weiterer Entfernung erhält also die Anziehungskraft ein grosses Uebergewicht über die Abstosungskraft der Theilchen. Sollen nun die Theilchen um bb' von einander entfernt oder um bb' seitwärts verschoben werden, so muss ein Zug angewandt werden, der für die vermehrte Entfernung dem Uebergewichte der Anziehungskraft über die Abstosungskraft gleich ist. Die Theilchen, welche mit ebenen Flächen an einander stossen, können also nur durch eine sehr bedeutende Kraft getrennt oder verschoben werden, d. h.

der Körper ist ein Festkörper.

Umgekehrt:

2. Wenn ein Körper ein Festkörper oder ein Gestein ist, dessen Theilchen nur durch eine sehr bedeutende Kraft von einander getrennt oder verschoben werden können, so grenzen die kleinsten Theilchen des Körpers mit ebenen Flächen an einander und bilden Korbbecke.



Trennung der Korbbecke.

Zeichn. 64.

Die Theilchen können zu ihrer Trennung oder Verschiebung nur dann eine sehr bedeutende Kraft erfordern, wenn die Entfernung der Schwerpunkte dieser Theilchen durch die Trennung oder Verschiebung eine wesentlich grössere wird; denn nur in diesem Falle erlangt die Anziehungskraft ein bedeutendes Uebergewicht über die Abstosungskraft und muss demnach zur Trennung oder Verschiebung der Theilchen eine Kraft angewandt werden, welche diesem Uebergewichte gleich ist. Im festen Körper müssen also die

Theilchen so lagern, dass jede Verschiebung oder Trennung der Theilchen die Entfernung der Schwerpunkte der Theilchen sehr bedeutend vergrössert. Dies ist aber nur der Fall, wenn die Grenzflächen der Theilchen eben sind und die ebenen Grenzflächen der Theilchen ganz einander entsprechen. Sollten auch nur 2 Grenzflächen der Theilchen gewölbt und Abschnitte einer Kugel sein, so würde eine teilweise Verschiebung schon durch die kleinste Kraft stattfinden können, was gegen die Voraussetzung ist. Im festen Körper grenzen also die kleinsten Theilchen des Körpers mit ebenen Flächen an einander und bilden Korbbecke.

Anm. 2. Die anziehenden und abstosenden Kräfte in einem Korbstabe.

a. Die Haltbarkeit des Korbstabes.*

Die Haltbarkeit des Eisens oder die Zugfestigkeit des Eisens beträgt nun, wie wir oben sahen, für reinstes, stärkstes Schmiedeeisen für einen Stab von 1 □mm. Querschnitt 60000 Gramme, d. h. das Eisen von 1 □mm. Quer-

* Korbstab nennen wir einen Stab von der Dicke eines Korbes. Wir legen das Eisen als Beispiel zu Grunde. Der Eifendoppelkorb (Eisenmoleculé) ist, wie wir in Nummer 26 sehen werden, 0,2904 Milliontel mm lang, breit und

schnitt kann 60000 Gr. tragen, ehe es zerreißt. Die Erde zieht aber diese 60000 Gr. mit einer Kraft an, welche dieser Masse in einer Sekunde die Schnelligkeit von einer Fallruhe oder von $9_{,80792} \text{ m} = 9807_{,92} \text{ mm}$ geben würde. Die Haltkraft von 1 $\square \text{ mm}$ Eisen ist also $60000 \times 9807_{,92} \text{ gramm} = 588_{,4752} \text{ Millionen gramm}$. Dabei wird das Eisen auf 1 $\square \text{ mm}$ Querschnitt durch $18_{,309}$ Gramme um ein Milliontel seiner Länge ausgedehnt.

Nun gilt aber folgendes Gesetz der Haltbarkeit:

Die Haltbarkeit verhält sich gerade wie der Querschnitt. Legen wir dies Gesetz zu Grunde und lassen wir es einmal auch für einen Korbstab, d. h. für einen Eisenstab von der Dicke eines Eisenkorbes oder von $(0_{,2904} \text{ Milliontel mm})^2 = 0_{,084332} \text{ Billiontel } \square \text{ mm}$ gelten, so erhalten wir für diesen Eisen-Korbstab die Haltbarkeit von $5059_{,92} \text{ Billiontel Gramm}$. Die Erde würde diesem Gewichte in einer Sekunde $9807_{,92} \text{ mm}$ Schnelligkeit geben. Die Haltkraft eines Eisen-Korbstabes ist mithin gleich dem Zuge $Z = 5059_{,92} \text{ Billiontel} \times 9807_{,92} = 49_{,6273} \text{ Milliontel Gramm millimeter}$.

b. Die Wirkung der Schwerkraft im Korbstabe.

Die Schwerkraft (Gravitatio) ist die Kraft, mit welcher ein Körperwesen das andere anzieht. Wir haben in Nummer 8 Anm. 2 die Größe dieser Kraft berechnet, darnach zieht ein Gramm Körpermasse den andern Körper in 1 mm Entfernung so an, dass es ihm in jeder Sekunde die Schnelligkeit $a = 64_{,676} \text{ Milliontel mm}$ giebt. Sei nun m_1 die anziehende, m_2 die angezogene Körpermasse, beide in Gramm ausgedrückt, sei r die Entfernung derselben in mm, und sei A die Anziehungskraft, so ist

$$A = \frac{a m_1 m_2}{r^2} = 64_{,676} \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \text{ Milliontel mm.}$$

Betrachten wir nun die Schwerkraft, mit welcher sich zwei benachbarte Doppelkörbe Eisen in einem Korbstabe anziehen, so ist hier nach der Tafel in Nummer 13 für Eisen $m_1 = m_2 = 196 \text{ Quadrilliontel Gramm}$, und r gleich dem Durchmesser eines Doppelkorbes, d. h. nach Nummer 26 $r = 0_{,2904} \text{ Milliontel mm}$, mithin

$$A = \frac{64_{,676}}{\text{Million}} \cdot \frac{(196)^2}{\text{Oktillion}} \cdot \frac{\text{Billion}}{(0_{,2904})^2} \text{ mm} = 29_{,462} \text{ Sexilliontel mm.}$$

Dies ist also die Anziehungskraft, mit welcher sich zwei benachbarte Doppelkörbe durch ihre Schwerkraft in der Entfernung r anziehen.

Betrachten wir nun einen Korbstab Eisen von 58 mm Länge und betrachten wir die Anziehung, welche in der Schnittebene, in der Mitte dieses Stabes stattfindet, so finden wir oberhalb der Schnittebene 100 Millionen Doppelkörbe und ebensoviele unterhalb der Schnittebene. Bezeichnen wir nun den ersten Doppelkorb unterhalb der Schnittebene mit K'_1 , den zweiten mit K'_2 u. f. w. und bezeichnen wir die Doppelkörbe oberhalb der Schnittebene entsprechend mit K_1, K_2 u. f. w., so ziehen sich die Doppelkörbe unterhalb und oberhalb des Schnittes in folgenden Entfernungen an.

dick. Der Korbstab des Eisens wird demnach $0_{,2904} \text{ Milliontel mm}$ breit und dick fein, oder im Querschnitte $(0_{,2904} \text{ Milliontel mm})^2 = 0_{,084332} \text{ Billiontel } \square \text{ mm}$ messen. Bemerkte möge dabei werden, dass Platindrähte von 50 Milliontel mm im Durchmesser wirklich hergestellt sind.

Entfernung der Körbe unterhalb der Schnittebene von denen oberhalb
der Schnittebene,

wenn die Entfernung von K'_1 zu $K_1 =$ Eins gesetzt.

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_b
K'_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	. . . b
K'_2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	. . . b + 1
K'_3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	. . . b + 2
K'_4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	. . . b + 3
K'_5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	. . . b + 4
K'_6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	. . . b + 5
K'_7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	. . . b + 6
K'_8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	. . . b + 7
K'_9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	. . . b + 8
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
K'_a	a	a + 1	a + 2	a + 3	a + 4	a + 5	a + 6	a + 7	a + 8	. . (a + b - 1)

Hier ist also die Entfernung der beiden benachbarten Doppelkörbe, d. h. r gleich Eins gesetzt, die Anziehung in dieser Entfernung ist A und da die Entfernung abnimmt, umgekehrt wie das Quader der Entfernung, so ist die Anziehung von

$$K'_1 = A + \frac{A}{2^2} + \frac{A}{3^2} + \frac{A}{4^2} + \frac{A}{5^2} + \dots$$

$$K'_2 = \frac{A}{2^2} + \frac{A}{3^2} + \frac{A}{4^2} + \frac{A}{5^2} + \dots$$

$$K'_3 = \frac{A}{3^2} + \frac{A}{4^2} + \frac{A}{5^2} + \dots$$

$$K'_4 = \frac{A}{4^2} + \frac{A}{5^2} + \dots$$

$$K'_5 = \frac{A}{5^2} + \dots$$

$$\begin{aligned} \int_{1,a} K_a &= A + \frac{2A}{2^2} + \frac{3A}{3^2} + \frac{4A}{4^2} + \frac{5A}{5^2} + \dots \\ &= A \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots \right) \\ &= A \int \frac{1}{a} \end{aligned}$$

wo a von 1 bis 100 Millionen genommen wird.

Hier ist es notwendig, die Summe $\int \frac{1}{a}$ von 1 bis 100 Millionen zu berechnen. Ich habe diese Rechnung von $\frac{1}{1}$ bis $\frac{1}{100}$ genau, von dort ab mit hinlänglich genauen Annäherungen ausgeführt. Es ergibt sich, es ist

$\int_{1-10} \frac{1}{a}$		2,92896823	$\int_{1-100} \frac{1}{a}$		5,18737746
$\int_{11-20} \frac{1}{a}$	=	0,66877137	$\int_{101-1000} \frac{1}{a}$	--	2,30232922
$\int_{21-30} \frac{1}{a}$	--	0,39724777	$\int_{1001-10^4000} \frac{1}{a}$	—	2,30237922
$\int_{31-40} \frac{1}{a}$	--	0,28355590	$\int_{10001-100^4000} \frac{1}{a}$	=	2,30238422
$\int_{41-50} \frac{1}{a}$	--	0,22066228	$\int_{100001-1^4000^4000} \frac{1}{a}$		2,30238472
$\int_{51-60} \frac{1}{a}$	=	0,18066507	$\int_{1^4000^4001-10^40000000} \frac{1}{a}$	=	2,30233477
$\int_{61-70} \frac{1}{a}$	=	0,15296627	$\int_{10^40000001-100^40000000} \frac{1}{a}$	=	2,30238477
$\int_{71-80} \frac{1}{a}$	—	0,13264236	$\int_{1-100^40000000} \frac{1}{a}$	—	19,00162438
$\int_{81-90} \frac{1}{a}$	=	0,11709130			
$\int_{91-100} \frac{1}{a}$	=	0,10480691			
$\int_{1-100} \frac{1}{a}$	=	5,18737746			

Wir können hienach die Summe $\int_{1-100^4000^4000} \frac{1}{a}$ annähernd gleich 20 setzen und

erhalten danach die Anziehung in dem gefamten Korbstabe = A . 20 = 589,24 Sexilliontel mm, d. h. noch lange nicht ein Quadrilliontel so gros als die Halbkraft im Korbstabe. Wir können demnach die Schwerkraft bei Betrachtung der Halbkraft ganz unberücksichtigt lassen.

c. Die Abstosungskraft der Etherhüllen im Korbstabe.

In dem Zeitpunkte, wo der Korbstab durch das angehängte Gewicht zerreist, hat die Anziehungskraft der Körbe das grösste Uebergewicht über die

Abstosungskraft, und zwar übertrifft erstere die letztere um die Gröse des angehängten Gewichtes.

Bei der Anziehungskraft können wir die gegenseitige Anziehung der Körperteilchen oder die Schwerkraft, wie wir so eben bewiesen haben, ganz unberücksichtigt lassen, hier haben wir es nur mit der Halkraft (Vis cohaesionis) C zu tun, mit der die Körperteilchen die Etherhüllen der benachbarten Körbe anziehen. Nennen wir Z den Zug des angehängten Gewichtes und R die Abstosungskraft, mit welcher die Etherhüllen zweier benachbarter Körbe sich abstosen, so ist

$$C = Z + R.$$

Hier ist R im Zeitpunkte des Zerreisens gegen Z verschwindend klein, da die Abstosungskraft der Etherhüllen sich umgekehrt verhält, wie die vierte Höhe (Potenz) ihrer Entfernung. Hätte also R im Verhältnisse zu Z noch irgend eine zu beachtende Gröse, so würde diese, sobald sich die Teilchen beim Zerreiben noch weiter von einander entfernten, verschwinden und würde also Z in diesem Falle noch wachsen, hätte mithin noch nicht den grössten Wert. Der Korbstab würde mithin noch nicht zerreiben, und würde die Halkraft gleichfalls noch wachsen, was gegen die Annahme ist. Man kann also ganz allgemein setzen $C = Z$.

d. Die Wirkung der Halkraft im Korbstabe.

Die Halkraft (Vis cohaesionis) ist die Kraft, mit welcher die Körperweisen die Etherhüllen der benachbarten Körbe anziehen. Diese Halkraft verhält sich, wie bereits Gauss nachgewiesen hat, umgekehrt wie eine höhere (die nte) Höhe (Potenz) der Entfernung der Mittelpunkte der benachbarten Doppelkörbe, unter- und oberhalb der Schnittebene. Das Gleiche ergibt sich, wenn man beachtet, dass nach Nummer 9 Anmerkung 1 jedes Körperweisen im Korbe auf jedes einzelne Epar in der Etherhülle des benachbarten Korbes einwirkt im umgekehrten Verhältnisse der dritten Höhe (Potenz) der Entfernung. Je nach der Lage zieht es den einen Teil dieser Epäre an, und stösst es den andern Teil der Epäre ab, die Gesamtwirkung verhält sich demnach, wie eine höhere Höhe der Entfernung. Lässt man nun dasselbe Gesetz auch für die anderen Doppelkörbe unterhalb und oberhalb der Schnittebene gelten, so findet man, wenn man die entsprechenden Betrachtungen wie bei der Schwerkraft vornimmt, und beachtet, dass die Halkraft umgekehrt wie die nte Höhe der Entfernung abnimmt, folgende Anziehung für

$$K'_1 = H + \frac{H}{2^n} + \frac{H}{3^n} + \frac{H}{4^n} + \frac{H}{5^n} + \dots$$

$$K'_2 = \frac{H}{2^n} + \frac{H}{3^n} + \frac{H}{4^n} + \frac{H}{5^n} + \dots$$

$$K'_3 = \frac{H}{3^n} + \frac{H}{4^n} + \frac{H}{5^n} + \dots$$

$$K'_4 = \frac{H}{4^n} + \frac{H}{5^n} + \dots$$

$$K'_5 = \frac{H}{5^n} + \dots$$

$$\int_{1,a} K'_a = H + \frac{2H}{2^n} + \frac{3H}{3^n} + \frac{4H}{4^n} + \frac{5H}{5^n} + \dots$$

$$\begin{aligned}
 &= H \left(1 + \frac{1}{2^{n-1}} + \frac{1}{3^{n-1}} + \frac{1}{4^{n-1}} + \frac{1}{5^{n-1}} + \dots \right) \\
 &= H \int_1^{\infty} \frac{1}{a^{n-1}}
 \end{aligned}$$

wo a im obigen Beispiele von 1 bis 100 Millionen genommen werden muss.

Hier ist es notwendig, die Summe $\int_1^{\infty} \frac{1}{a^{n-1}}$ von 1 bis 100 Millionen zu berechnen.

Ich habe diese Rechnung $\int_1^{\infty} \frac{1}{a^2}$ von $\frac{1}{1}$ bis $\frac{1}{100}$ genau, von dort ab mit

hinlänglichen genauen Annäherungen ausgeführt. Es ergibt sich, es ist

$\int_1^{10} \frac{1}{a^2} = 1,5497677310$	$\int_1^{100} \frac{1}{a^2} = 1,6349835831$
$\int_1^{11} \frac{1}{a^2} = 0,0463955126$	$\int_{101}^{1000} \frac{1}{a^2} = 0,0017105740$
$\int_1^{21} \frac{1}{a^2} = 0,0159868736$	$\int_{1001}^{10^6} \frac{1}{a^2} = 0,0000171490$
$\int_1^{31} \frac{1}{a^2} = 0,0080938462$	$\int_{10^6}^{10^7} \frac{1}{a^2} = 0,0000001715$
$\int_1^{41} \frac{1}{a^2} = 0,0048888179$	$\int_{10^7}^{10^8} \frac{1}{a^2} = 0,0000000017$
$\int_1^{51} \frac{1}{a^2} = 0,0032727837$	$\int_{10^8}^{10^9} \frac{1}{a^2} = 0,0000000000$
$\int_1^{61} \frac{1}{a^2} = 0,0023443501$	$\int_{10^9}^{10^{10}} \frac{1}{a^2} = 0,0000000000$
$\int_1^{71} \frac{1}{a^2} = 0,0017619119$	$\int_{10^{10}}^{10^{11}} \frac{1}{a^2} = 1,6367114793$
$\int_1^{81} \frac{1}{a^2} = 0,0013725891$	
$\int_1^{91} \frac{1}{a^2} = 0,0010991670$	
$\int_1^{100} \frac{1}{a^2} = 1,6349835831$	

Wir können hienach die Summe $\int_{1-1000000000}^{\frac{1}{a^2}}$ annähernd gleich 1,7 setzen.

Für $\int_1^{\frac{1}{a^3}}$ erhalten wir in gleicher Weise annähernd $\int_1^{\frac{1}{a^3}} = 1,2$.

Für $\int_1^{\frac{1}{a^4}}$ erhalten wir in gleicher Weise annähernd $\int_1^{\frac{1}{a^4}} = 1,1$.

Nennen wir also die Halbkraft, mit welcher der nächste Doppelkorb unter der Schnittfläche den nächsten Doppelkorb über der Schnittfläche anzieht II, so ist die Halbkraft im ganzen Korbstabe C

$$C = \text{Med. } (1; 1,7) \text{ II.}$$

Weiteres lässt sich über das Verhältniss dieser Kräfte zur Zeit nicht sagen.

25. Die Spatilehre oder Krystallonomie.

Alle Gesteine zeigen uns an ihrer Oberfläche oder bei dem Bruche eckige Formen von mehr regelmässiger oder unregelmässiger Gestalt. Wir nennen die Gestalten, an denen ebene Flächen mit einander gleichlaufenden Kanten hervortreten, Gespate oder Krystalle, die Gestalten, an denen diese ebenen Flächen fehlen, Körner oder Ungespate; alle Gesteine werden demnach entweder Korngesteine oder Spatgesteine fein.

Alle Gespate lassen sich, wie wir unten sehen werden, in ihrer einfachsten Gestalt auf ein Spat oder Parallelepipedon zurückführen. Man teilt nun die Gespate in Rautengespate, Rombengespate und Quadergespate, je nachdem das Spat in seiner einfachsten Form in den Seitenflächen Rauten, d. h. Parallelogramme, oder aber Romben, d. h. Rauten mit vier gleichen Seiten, oder endlich Quader, d. h. Romben mit rechten Winkeln zeigt. Da bei den Romben und Quadern die Gehren oder Diagonalen sich unter rechten Winkeln schneiden, so nennt man die Rombengespate und Quadergespate auch gemeinsam Rechtgesteine, die Körner und die Rautengespate im Gegensatz dazu Schiefgesteine.

Die Gesteine zerfallen darnach in vier Abteilungen:

- | | | |
|---------------------|--|-----------------|
| 1) Gleichgesteine | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Quadergespate} \\ \text{Rombengespate} \end{array} \right\}$ | Rechtgesteine. |
| 2) Ungleichgesteine | | |
| 3) Gespate | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rautengespate} \\ \text{Korngesteine} \end{array} \right\}$ | Schiefgesteine. |
| 4) Ungespate | | |

Jede von diesen vier Abtheilungen zerfällt in 2 Klassen, die sämtlichen Gesteine demnach in acht Klassen, von denen 6 Klassen den Gespaten angehören.

Die acht Klassen der Gesteine sind folgende:

A. Rechtgesteine.

- I. Quadergespate: 1. Gleichgespate.
2. Achtgespate.
- II. Rombengespate: 3. Sechsgespate.
4. Viergespate.

B. Schiefgesteine.

- III. Rautengespate: 5. Zweigespate.
6. Eingespate.
- IV. Ungespate oder
Korngesteine: 7. Grobkörnige.
8. Feinkörnige.

Die Klassen der Gespate richten sich nach der Lage und Größe der drei Spatkräfte. Es können die drei Spatkräfte entweder rechte Winkel mit einander bilden, oder sie können mit einander schiefe Winkel bilden; die drei Spatkräfte können in jedem dieser beiden Fälle entweder alle drei gleich groß sein und mit einander gleiche Winkel bilden, oder es können zwei gleich groß sein und mit der dritten gleiche Winkel bilden, oder es können alle drei ungleich sein. Dies ergibt sechs Klassen von Gespaten:

- Gleichgespate, d. h. Gespate mit 3 gleichen rechtwinkligen Spatkräften;
- Achtgespate, d. h. Gespate mit 2 gleichen rechtwinkligen Spatkräften;
- Sechsgespate, d. h. Gespate mit 3 gleichen Spatkräften, welche mit einander gleiche schiefe Winkel bilden;
- Viergespate, d. h. Gespate mit 3 ungleichen, aber rechtwinkligen Spatkräften;
- Zweigespate, d. h. Gespate mit 2 gleichen Spatkräften, welche mit der dritten Spatkraft gleiche schiefe Winkel bilden;
- Eingespate, d. h. Gespate mit 3 ungleichen schiefwinkligen Spatkräften.

Die Spatlehre oder Krystallonomie* behandelt die sechs ersten Klassen; sie ist eine sehr junge Wissenschaft. Das erste System derselben ist von Chr. Sam. Weiss aus Leipzig 1815 „Uebersichtliche Darstellung der verschiedenen natürlichen Abtheilungen der Krystallsysteme“ aufgestellt und von Neumann in Königsberg „Beiträge zur Krystallonomie 1823“ verdeutlicht. Dann folgte Mohs 1822 „Grundriss der Mineralogie“ mit einem zweiten und C. F. Naumann 1828 „Lehrbuch der Mineralogie“ mit einem dritten Systeme. Um dieselbe Zeit gab mein Vater Justus Grassmann 1829 „Zur physischen Krystallonomie und geometrischen Combinationslehre“ und 1833 in Poggen-dorf's Annalen ein System der Krystallonomie heraus, welches bei weitem am einfachsten unmittelbar auf die Spat bildenden Kräfte zurückführte. Dies System ist von Miller 1839 „Treatise on Crystallography Cambridge“ weiter gebildet und von den Wiener Mineralogen jetzt allgemein angenommen. Eine Beschreibung der einzelnen Gespate

* Der Name Krystallonomie ist ein ausländischer. Er stammt aus der Zeit, wo es den Päpsten und ihrem Anhange, den Mönchen, gelungen war, deutsche Sprache und deutschen Geist aus den Kreisen der Gelehrten zu verbannen, wo die in Mönchsschulen oder in nach dem Muster derselben gebildeten Gelehrtenschulen erzogenen Gelehrten sich schämten, deutsch zu denken und deutsch zu schreiben, und es für einen Ruhm hielten, ein barbarisches Mönchslatein zu schreiben, wo für jeden wissenschaftlichen Begriff ein abenteuerliches Fremdwort erfunden werden musste, welches todt und ohne Leben, unfähig war, Verben und Beinamen zu bilden, und daher starr und todt, nie Bestandteil einer lebendigen Sprache werden konnte. Solche Missbildungen müssen abgeschafft und aus der Wissenschaft ausgerottet werden.

Die Deutschen haben in ihrer Sprache ein treffliches Wort für den Krystall, nämlich den Namen „der Spat“ (vergl. Adelung, Wörterbuch der deutschen Sprache unter Spath). Der Name Spat bezeichnet im Deutschen die Form des Gesteins, nicht den Stoff, und kann für die verschiedensten Stoffe verwandt werden, wie Kalkspat, Bitterspat, Gypsspat u. s. w. Von dem Namen Spat ist das Verb spaten, gespatet abgeleitet. Der Name Spat bezeichnet aber vornehmlich eine Form der Krystalle, nämlich die einfachste, das Parallelepipedon. Wir wenden den Namen Spat wissenschaftlich für diese Gestalt an und führen den Namen Spat für die Gestalt des Parallelepipedons ein. Für den Krystall im Allgemeinen dagegen wenden wir den Namen das Gespat an, da alle, auch die verschiedensten Krystallgestalten aus der Zusammenfassung der Kräfte des Spates hervorgehen. Die Krystallonomie heist dann Spatlehre, die Krystallgestalt eine Spatgestalt, die Krystallifurung eine Spatung. Der Name Spat ist mit dem Namen Spaten und dem griech. späthē gleichen Ursprunges und bezeichnet ein breites flaches Blatt, dann einen in Richtung der Grenzflächen zu spaltenden Stein.

nach diesem Systeme giebt Schrauf „Atlas der Krystallformen, Wien 1865 ff.“. Ich schliesse mich im Folgenden wesentlich an dies System an.*

1. Die Grundgesetze der Spatung.

Wir haben bereits oben gesehen, dass die kleinsten Theilchen im Gesteine so eng an einander rücken, dass sie sich gegenseitig pressen und dass sie dadurch eine vieleckige Gestalt oder die Gestalt eines Korbeckes mit ebenen Grenzflächen annehmen. Die kleinsten Theilchen oder Korbecke liegen hienach im Gesteine in den Richtungen am nächsten an einander, welche vom Mittelpunkte des Gespates senkrecht auf die ebenen Grenzflächen geführt werden, da unter allen Linien, welche von einem Punkte ausser der Ebene nach einer Ebene gezogen werden können, das Lot auf die Ebene die kürzeste ist. Wir nennen die Lote auf die ebenen Grenzflächen die Achsen des Korbspates. In weiterer Entfernung wirkt aber, wie wir sahen, fast nur die Anziehungskraft, d. h. Schwerkraft (Gravitatio) und die Haltkraft (Vis cohäsionis), und diese nehmen ab wie das Quader bez. wie eine höhere Höhe (Potenz) der Entfernung. Die benachbarten Theilchen oder die Korbspate im Gesteine werden also vorwiegend angezogen in den Richtungen der Achsen, oder die Achsen sind im Gespate auch zugleich die Richtungen der Spat bildenden Kräfte.

Denken wir uns also eine Flüssigkeit in dem Zustande, wo sie erstarrt, und habe sich eine kleine Gruppe von Theilchen zu einem Gesteinskorne niedergeschlagen, so wirkt also hier die Hauptanziehung in der Richtung der Spatachsen, senkrecht auf die ebenen Grenzflächen.

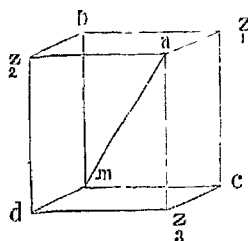
* In neuester Zeit hat noch Prof. Schucke „Entwicklung einer Theorie der Krystallstruktur, Leipzig 1879“ den Versuch gemacht, die Spatgestalten aus der Bedingung abzuleiten, dass die Körbe (Atome) regelmässig im Raume verteilt seien und ein regelmässiges Raumnitter bilden. Die Arbeit ist höchst anregend und geistvoll, löst aber die vorliegende Frage nicht und soll sie auch nach dem Verfasser nicht lösen. Auch in jeder Luft, auch in jeder Flüssigkeit, auch in einem Sandhaufen gleich grosser Sandkörner lagern die Körperteilchen, bez. die Körbe (Atome) regelmässig im Raume und bilden ein Raumnitter, aber darum bilden sie doch keine Gespate. Nur wenn die Körbe nach bestimmten Achsen sich eindrücken und dadurch eine feste Lage gewinnen, nur dann entsteht ein Gespat. Dies aber tritt bei der von J. Grassmann eingeschlagenen Betrachtungsweise viel leichter ins Auge. Die Betrachtung wird hier so einfach und leicht, wie bei keiner anderen Auffassung. Ich verbleibe daher bei dieser Auffassungsweise.

Nach einem bekannten Gesetze der Kraftlehre oder Dynamik kann man aber zwei Kräfte zu einer dritten Kraft zusammensetzen und ist die zusammengesetzte die Gehre der Raute oder die Diagonale



Zeichn. 65.

des Parallelogramms über den beiden Kräften. So z. B., wenn mc und md die beiden Kräfte bezeichnen, so ist mz die aus beiden zusammengesetzte Kraft, oder es ist geometrisch $mc + cz = mc + md = mz$. Ebenso kann man drei Kräfte im Raume zu einer vierten Kraft zusammensetzen.

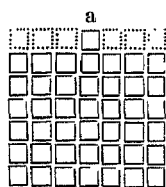


Zeichn. 66.

welche die Gehre des Spates oder die Diagonale des Parallelepipedons über den drei Kräften ist. So z. B., wenn mb , me und md die drei Kräfte bezeichnen, so ist ma die aus den drei Kräften zusammengesetzte Kraft, oder es ist geometrisch $mb + bz_1 + z_1a = mb + mc + md = ma$. Ganz allgemein kann man hienach alle Kräfte des Raumes aus jeden drei beliebigen Kräften und deren Vielfachen zusammensetzen. Ißern diese drei Kräfte nicht in einer Ebene liegen.

Alle Kräfte, welche in einem Gespat wirken, kann man demnach auf drei Spatkräfte und deren Gegenkräfte, d. h. auf sechs Hauptkräfte zurückführen, welche sich in dem Mittelpunkte schneiden und aus denen sich die andern Kräfte durch Zusammenfassung ableiten lassen. Aufgabe der Spatlehre wird es sein, die Spatkräfte so zu wählen, dass die andern Kräfte daraus in einfachster Gestalt abgeleitet werden können. Die Kräfte, welche aus zwei Hauptkräften zusammengesetzt sind, nennt man dann Zwischenkräfte, die aus drei Hauptkräften zusammengesetzten nennt man dann Aussenkräfte.

Denken wir uns nun ein Gespat in Bildung, und zwar zunächst eine ebene Grenzfläche desselben in Bildung, so wird sich zuerst an



Zeichn. 67.

die bisherige ebene Grenzfläche ein Korbpat a in der Achse dieser Fläche nach ausen ansetzen, da in dieser Achse die Anziehung am größten ist; demnächst aber werden sich in dieser Achse nicht eher weitere Korbspate nach ausen ansetzen können, als bis alle nebenliegenden Korbspate angelagert sind und die neue ebene Grenzfläche vollständig gebildet ist, welche das Korbpat a von ausen begrenzt; denn die neben a liegenden Theilchen liegen dem Schwerpunkte näher

und werden daher stärker angezogen, als die von a nach ausen liegenden Theilchen und werden überdies von zwei Seiten angezogen. von dem bisherigen Gespat und von a aus.

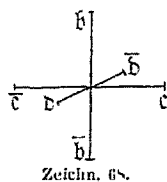
Die ebene Grenzfläche des Gespates bildet sich also vollständig aus, ehe nach ausen neue Theilchen für eine neue Grenzfläche antreten. Jedes Gespat oder jede Krystallgestalt wird von Ebenen, den Grenzflächen, begrenzt und kann im Allgemeinen in jeder mit einer Grenzfläche gleichlaufenden Ebene gespalten werden, und zwar in allen mit derselben Grenzfläche gleichlaufenden Ebenen gleich leicht.

Hieraus folgt, dass in jedem Gespate die auf eine Grenzfläche senkrechte Kraft, und zwar in gerader Linie durch das ganze Gespat hindurch wirkt, und dass jeder Grenzebene auf der entgegengesetzten Seite des Gespates eine gleichlaufende und gleichbeschaffene Gegenebene entsprechen muss, auf welche die der ersten Kraft entgegengesetzte Kraft, die Gegenkraft genannt, senkrecht wirkt. Freilich können diese Gegenebenen in einzelnen Fällen durch andere Ebenen unterdrückt sein, welche jene überwachsen haben; dann aber wird man sie wenigstens in andern Fällen entwickelt finden. In jedem Gespate wird man ferner für jede Grenzfläche, welche einer neuen Richtung angehört, auch eine neue Kraft annehmen müssen, welche senkrecht auf dieser Grenzfläche steht.

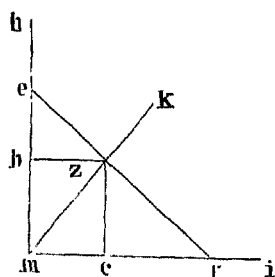
Das Gesetz der Spaltung ist dann folgendes:

An jedem Gespate, an dem die drei Spatkräfte Grenzflächen bilden, kann auch jede aus dem Vielfachen dieser Kräfte oder ihrer Gegenkräfte zusammengesetzte Kraft Grenzflächen bilden. wobei aber das Vielfache selten die Zahl sieben überschreitet.

Bezeichnet dann die Zahl bcb die Kraft, welche aus b ersten, c zweiten und b dritten Spatkräften zusammengesetzt ist und bezeichnet \bar{b} (gelesen Strich- b) die dem b entgegengesetzte Gegenkraft, so ist die Zusammenfassung von zwei solchen Kräften einfach durch Zufügung der entsprechenden Zeiger zu bilden, wobei die —Zeiger abzuziehen sind. So ist z. B. $532 + 121 = 653$, so $532 + \bar{423} = 151$. Uebrigens bezeichnen, da die Grenzflächen der Mitte durch Spaltung beliebig näher gerückt werden können, die Zahlen 642 und 321 genau dieselben Kräfte.



Die Kräfte, welche aus zwei Hauptkräften zusammengesetzt sind, nennt man Zwischenkräfte, so ist in Zeichnung 65 $z = mz$ die Zwischenkraft von mc und md ; die aus drei Spatkräften zusammengesetzten nennt man Aussenkräfte, so ist in Zeichnung 66 ma die Aussenkraft von mb , mc und md . Die geraden Linien, in denen diese Kräfte liegen, heißen Achsen oder Kraftlinien. Die Punkte, in denen diese Achsen die Grenzflächen schneiden, heißen Stützpunkte, und zwar Hauptpunkte, wenn sie in einer der Hauptachsen liegen, Zwischenpunkte und Aussenpunkte, wenn sie in einer Zwischenachse oder Aussenachse liegen. Die Zeichen dieser drei Arten von Punkten sind h , z und a . Die Strecken der Achse vom Mittelpunkt m bis zu der Grenzfläche heißen Stützen, und zwar die Strecke mh die Hauptstütze, mz die Zwischenstütze und ma die Aussenstütze. So



Zeichn. 69.

sind in der nebenstehenden Zeichnung mh und mc die beiden Hauptkräfte, mz die Zwischenkraft, mh und mi die beiden Hauptachsen, mk die Zwischenachse, ef die Grenzfläche, und zwar e und f die beiden Hauptpunkte, z der Zwischenpunkt, endlich sind me und mf die beiden Hauptstützen, mz die Zwischenstütze. Wir bezeichnen im Folgenden die Kräfte mit B , C , D , die entsprechenden Stützen mit b , c , d .

Zwei Kräfte heißen dann und nur dann gleich, wenn die entsprechenden Hauptkräfte, aus denen sie zusammengesetzt sind, gleich sind und überdies gleiche entsprechende Lage und gleiche Zusammenfassung haben. So z. B. sind die Kräfte 531 und 513 dann und nur dann gleich, wenn die zweite und dritte Hauptkraft einander gleich sind und beide mit der ersten Hauptkraft gleiche Winkel bilden; so sind ferner die Kräfte B_{31} und B_{131} nur dann gleich, wenn $B = B_1$. Die durch gleiche Kräfte gebildeten Grenzflächen heißen gleichartig.

Eine Spatgestalt heist, wenn alle ihre Flächen gleichartig und alle diese Flächen tragenden Kräfte gleich sind, einfache Gestalt. Sind in der Gestalt alle gleichartigen Flächen entwickelt, so heist sie Ganzgestalt; ist nur die Hälfte entwickelt, so heist sie Halbgestalt; ist nur ein Viertel der gleichartigen Flächen entwickelt, so heist sie Viertelsgestalt. Die aus zwei oder mehr

einfachen Gestalten zusammengefelzte heist eine zusammengefelzte Gestalt.*

2. Die Grundgefetze der Rechtgesteine.

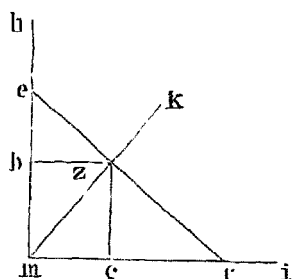
In den Rechtgesteinen stehen die drei Achsen der Gespate fenkrecht auf einander oder bilden mit einander rechte Winkel. Geben wir der einen Achse eine fenkrechte Lage und nennen wir sie die Polachse, so liegen die andern beiden Achsen in einer wagerechten Ebene, welche wir die Randebene nennen wollen, und bilden in dieser zwei Randachsen. Die Polkraft bezeichnen wir mit B, die seitliche Randkraft mit C und die vordere Randkraft mit D und legen bei ungleichen Kräften die seitliche Randkraft C als Mas zu Grunde. Halten wir dann die Fläche des Papiers wagerecht, so haben wir unmittelbar die Randebene mit den Achsen für C und D vor uns; halten wir demnächst die Fläche des Papiers fenkrecht, so haben wir die Ebene durch die Polachse und die seitliche Randachse, d. h. für B und C vor uns, welche wir uns in der Ebene des Papiers denken können.

Das Gesetz für die Rechtgesteine ist dann folgendes:

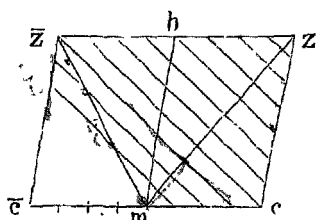
In den Rechtgesteinen verhalten sich die Hauptstützen umgekehrt wie die Hauptkräfte, die Zwischenstützen und Ausenstützen umgekehrt wie die Summe der diese Kräfte zusammensetzenden Hauptkräfte, wobei die aus den Hauptkräften 111 zusammengefelzten Zwischen- und Ausenkräfte als Einheit ge-

* Um eine Anschauung von den Spatgestalten zu gewinnen, ist es sehr wichtig, eine Anzahl derselben perspektivisch zu zeichnen; dabei empfiehlt es sich, die Perspektive so zu wählen, als wäre das Auge in unendlicher Entfernung, denn nur dann bleiben die gleichlaufenden Kanten auch gleichlaufend. Man zeichnet dann einen Würfel der betreffenden Gespatsklasse, zieht vom Mittelpunkte aus die 3 Hauptachsen nach den Mittelpunkten der 6 Flächen, die 6 Zwischenachsen nach den Mitten der 12 Kanten und 4 Ausenachsen nach den 8 Ecken, teilt nun auf jeder Achse die Strecke zwischen Mittelpunkt und Stützpunkt in gleich viel, etwa in 8 gleiche Teile und trägt diese Teile auch jenseits noch weiter etwa bis zu 20 gleichen Teilen ab. Wir nennen eine solche Zeichnung eine Achsenform. Es ist dann überaus leicht, jede beliebige Gespatsgestalt zu zeichnen.

setzt werden.* Bei den Rechtgespaten kann jede Kraft mit ihrer Gegenkraft vertauscht werden; man erhält dadurch vier sich deckende Lagen und für jede Lage zwei gleichartige Grenzflächen.



Zeichn. 70.



Zeichn. 71.

* Beweis: 1. Seien mb und mc die beiden Hauptkräfte, mz die Zwischenkraft und sei ef die auf mz senkrechte Grenzfläche, so ist, wenn man $mz = 1$ setzt, $mb \cdot mc = mz^2 = 1$ nach dem pythagoräischen Lehrsatz, da Dreieck mze rechtwinklig. Mithin ist $mc = \frac{1}{mb}$, d. h. die Hauptstütze verhält sich umgekehrt, wie die Hauptkraft.

2. Teilt man die Hauptkraft mb in b , hier in 7, die Hauptkraft mc in c , hier in 4 gleiche Teile, verbindet man demnächst die ersten Teilpunkte durch eine Gerade, und zieht durch jeden fernerer Teilpunkt eine Gleichlaufende mit dieser Geraden, so zerfällt die Zwischenkraft mz in $b + c$, hier in $7 + 4 = 11$ gleiche Teile. Nimmt man dagegen statt der Hauptkraft mc ihre Gegenkraft mb , so zerfällt die Zwischenkraft mz in $b - c$, hier in $7 - 4 = 3$ gleiche Teile. Die Ebene, welche von den Hauptkräften $\frac{1}{b}$ und $\frac{1}{c}$ abschneidet, schneidet also von der Zwischenkraft bc nur $\frac{1}{b+c}$, von der Zwischenkraft bc aber $\frac{1}{b-c}$ ab.

3. Ganz ebenso folgt ferner, wenn man die Zwischenkraft bc mit der dritten Hauptkraft md zusammensetzt und diese in b gleiche Teile teilt, dass dann auch die Ausenkraft in $b + c + d$, oder wenn man die Gegenkraft md anwendet, in $b + c - d$ gleiche Teile geteilt wird. Die Ebene, welche von den Hauptkräften $\frac{1}{b}$, $\frac{1}{c}$ und $\frac{1}{d}$ abschneidet, schneidet also von der Ausenkraft bcd nur $\frac{1}{b+c+d}$, von der Ausenkraft bcd nur $\frac{1}{b+c-d}$, von der Ausenkraft bcd $\frac{1}{b-c-d}$ ab.

4. Ganz dieselbe Schlussfolgerung gilt ferner, wenn man 4 und mehr Hauptkräfte einführt, von denen aber 2 oder mehrere in derselben Achse liegen; das Gesetz gilt demnach ganz allgemein.

Sind die beiden Randkräfte gleich, so bilden die Gespate Quadergespate; sind sie ungleich, so bilden sie Rombengespate.

Bekanntlich sind bei den Quadern die beiden Gehren (Diagonalen) gleich und schneiden sich rechtwinklig. Bei den Romben schneiden sich die beiden Gehren unter rechten Winkeln, sind aber ungleich. Bei den Rechtecken sind dagegen die beiden Gehren gleich, schneiden sich aber unter schiefen Winkeln. Es ist daher ganz daselbe, ob man sagt:

Die Randachsen sind bei den Rombengespaten ungleich, schneiden sich aber unter rechten Winkeln; oder ob man sagt, die Randachsen sind bei den Rombengespaten gleich, schneiden sich aber unter schiefen Winkeln.

Ist bei den Quadergespaten die Polkraft der Randkraft gleich, so haben wir die Gleichgespate; ist sie der Randkraft ungleich, so haben wir die Achtgespate.

Ist bei den Rombengespaten der stumpfe Winkel zwischen den Randachsen gleich 120° , so haben wir Sechsgespate; ist er ungleich 120° , so haben wir Viergespate.

3. Ueberblick über die Gespatklassen oder Krystallsysteme.

Erste Klasse: Die Gleichgespate oder das regelmäßige Krystallsystem.

Alle drei Spatkräfte stehen senkrecht auf einander und sind gleich groß, oder mit andern Worten, alle drei Spatkräfte kann man unter sich und mit ihren Gegenkräften vertauschen. In dieser Klasse giebt es demnach 24 Lagen, welche sich vollkommen decken; denn erstens kann man jede von den 6 Hauptkräften nach oben, und dann jede der 4 wagerechten Hauptkräfte nach vorne legen, was 24 sich gegenseitig deckende Lagen giebt. Man nennt diese Klasse daher auch die 24zählige. Da alle Spatkräfte gleich und alle Winkel rechte sind, so bedarf man keiner Angaben über die Verhältnisse der Kräfte und über die Winkel, und giebt es in dem Systeme nur eine Gattung von Gespaten.

**Zweite Klasse: Die Achtgespate oder das achtzählige
Krystallsystem.**

Alle drei Spatkräfte stehen senkrecht auf einander, aber zwei sind gleich groß, die dritte ist ungleich, oder mit andern Worten, die vier gleichen Hauptkräfte kann man gegenseitig vertauschen. Man nimmt die Achse der ungleichen Spatkraft und ihrer Gegenkraft als Polachse. In dieser Klasse kann man jeden der beiden Pole nach oben, und dann jede der vier wagerechten Hauptkräfte nach vorne legen und erhält also acht sich gegenseitig deckende Lagen. Da alle Winkel rechte und nur eine Kraft, die Polkraft, ungleich ist, so bedarf man nur einer Angabe über das Verhältniss der Polkraft zur Randkraft $\frac{B}{C}$ und giebt es soviel Gattungen in der Klasse, als es verschiedene Verhältnisse $\frac{B}{C}$ giebt.

**Dritte Klasse: Die Sechsgespate oder das sechszählige
Krystallsystem.**

Alle drei Spatkräfte sind gleich groß und bilden gleiche, aber schiefe Winkel, oder mit andern Worten, die drei Spatkräfte können unter sich, aber nicht mit ihren Gegenkräften vertauscht werden. In dieser Klasse kann man jede der 6 Hauptkräfte nach oben legen, und dann den andern Hauptkräften eine, aber auch nur eine solche Lage geben, dass sich die Lagen gegenseitig decken. Wenn man die drei Spatkräfte nach oben legt und ihnen eine solche Lage gegen die wagerechte Ebene giebt, dass sie mit derselben gleiche Neigungswinkel bilden, so kann man diese wagerechte Ebene als Randebene, die darauf senkrechte Linie als Polachse betrachten und statt jeder der drei schiefen Spatkräfte mh eine senkrechte Polkraft mp und eine wagerechte Randkraft mr setzen, für welche geometrisch $mh = mp + mr$ ist. Die drei Randkräfte mr schneiden sich dann unter Winkeln von 120° . Die Polkraft bezeichnen wir dann mit B , die drei gleichen Randkräfte mit C, C, C . Da die Winkel bestimmt und gleich sind und nur eine Kraft, die Polkraft, ungleich ist, so bedarf man auch hier nur einer Angabe über das Verhältniss der Polkraft zur Randkraft $\frac{B}{C}$ und giebt es auch hier soviel Gattungen in der Klasse, als es verschiedene Verhältnisse $\frac{B}{C}$ giebt.

Die drei gleichen Randkräfte, welche sich unter 120° schneiden, kann man auf zwei ungleiche Randkräfte zurückführen, welche senkrecht auf einander stehen und bei denen $\frac{D}{C} = 1,1547$ ist.*

Vierte Klasse: Die Viergespate oder das vierzählige Krystallsystem.

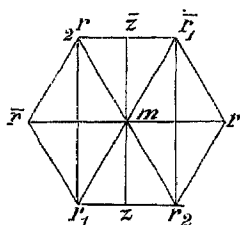
Alle drei Spatkräfte stehen senkrecht auf einander, sind aber ungleich groß, oder mit andern Worten, jede Kraft kann nur mit ihrer Gegenkraft vertauscht werden. In dieser Klasse kann man jeden der beiden Pole nach oben bringen und dann die vordere wagerechte Hauptkraft mit ihrer Gegenkraft vertauschen, was vier sich gegenseitig deckende Lagen giebt. Da alle Winkel rechte, aber alle drei Kräfte ungleich sind, so bedarf man zweier Angaben über das Verhältniss der Polkraft und der vorderen Randkraft zur seitlichen Randkraft $\frac{B}{C}$ und $\frac{D}{C}$.

Fünfte Klasse: Die Zweigespate oder das zweizählige Krystallsystem.

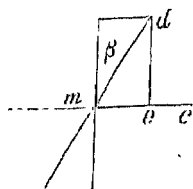
Zwei Spatkräfte sind gleich groß und bilden mit der dritten ungleichen gleiche schiefe Winkel, oder mit andern Worten, die beiden gleichen Spatkräfte können unter einander, aber nicht mit ihren Gegenkräften vertauscht werden. Die ungleiche Kraft und ihre Gegenkraft kann man nach oben legen und giebt es also zwei sich deckende Lagen. Statt der drei Kräfte, von denen zwei Kräfte gleich sind und mit der dritten gleiche schiefe Winkel bilden, kann man auch drei ungleiche Kräfte setzen, von denen die eine senkrecht steht auf der Ebene der

* Das Sechsgespate kann man auf ein Viergespat zurückführen. Den seien mr , mr_1 und mr_2 die drei gleichen Randkräfte, so kann man mz senkrecht auf mr ziehen, dann ist $mz^2 = mr^2 - \left(\frac{1}{2}mr\right)^2 = \frac{3}{4}mr^2$ und geometrisch $mz = mr_1 + \frac{1}{2}mr$, $m\bar{z} = mr_2 + \frac{1}{2}mr$ und ist demnach das Verhältniss der Randkräfte $\frac{mr}{mz} = \sqrt{\frac{4}{3}} = 1,1547$, oder wenn man C für mr , und D

für mz einführt, so ist $\frac{D}{C} = \sqrt{\frac{4}{3}} = 1,1547$.



Zeichn 72.

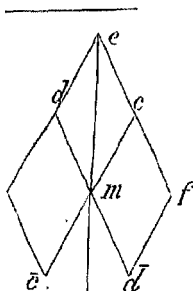


Zeichn. 73.

andern, die Randkräfte aber einen schiefen Winkel bilden.* Für die Zweigespatte gebraucht man drei Angaben: das Verhältniss der Polstütze zur seitlichen Randstütze $\frac{b}{c}$, das Verhältniss der beiden Randstützen $\frac{d'}{c}$ und den schiefen Winkel zwischen den beiden Randkräften ($90^\circ \pm \beta$), oder statt der beiden letzteren die Verhältnisse $\frac{d}{c}$ und $\frac{e}{c}$, wo d das Lot de von d aus auf me ist und e = me der Abschnitt auf me ist. Dann hat man also drei Verhältnisse $\frac{b}{c}$, $\frac{d}{c}$ und $\frac{e}{c}$, wobei $\frac{e}{d} = \operatorname{tg} \beta$. Für die Hauptkräfte hat man dann $\frac{B}{C} = \frac{c}{b}$, $\frac{D}{C} = \frac{c}{d}$ und $\frac{E}{C} = \frac{c}{e}$, endlich $\frac{D}{E} = \operatorname{tg} \beta$.

Sechste Klasse: Die Eingespatte oder das einzählige Krystallsystem.

Es sind alle drei Spatkräfte ungleich, oder mit andern Worten, es können überhaupt nicht zwei Kräfte vertauscht werden. Da gleiche Gröse ohne gleiche Lage und gleiche Lage ohne gleiche Gröse keine gleichen Kräfte geben, so gehören zu dieser Klasse alle übrigen Verhältnisse und giebt es keine weiteren Klassen von Gespaten. Für



Zeichn. 74.

* Wenn man durch die beiden gleichen Kräfte mc und md eine Ebene legt und in derselben je zwei gleiche Kräfte zusammensetzt, so bilden die mittlern Kräfte $mc + md = me$ und $mc + m\bar{d} = m\bar{e}$ Gehen oder Diagonalen in Romben und stehen als solche senkrecht auf einander. Da ferner die dritte Kraft mb gleiche Winkel mit den beiden Kräften mc und md bildet, so steht die Kraft $mc + m\bar{d} = m\bar{e}$ gleichzeitig senkrecht auf mb wie auf $mc + md = me$ und bildet also eine senkrechte Polachse auf der Ebene, welche durch mb und $me = mc + md$ geht. Statt der gegebenen drei schiefwinkligen Kräfte kann man also auch eine Polkraft B, und zwei in der Randebeine liegende Randkräfte C und D' setzen, welche ungleich sind und gegenseitig einen schiefen Winkel ($90^\circ \pm \beta$) bilden. In der Randebeine kann man statt des Verhältnisses $\frac{D'}{C}$ und des Winkels ($90^\circ \pm \beta$) die beiden Verhältnisse $\frac{D}{C}$ und $\frac{E}{C}$ einführen, wo E auf D und D auf C rechtwinklig und geometrisch $D + E = D'$ ist, dann hat man auch hier lauter rechtwinklige Verhältnisse.

Es sind alle drei Spatkräfte ungleich, oder mit andern Worten, es können überhaupt nicht zwei Kräfte vertauscht werden. Da gleiche Gröse ohne gleiche Lage und gleiche Lage ohne gleiche Gröse keine gleichen Kräfte geben, so gehören zu dieser Klasse alle übrigen Verhältnisse und giebt es keine weiteren Klassen von Gespaten. Für

die Eingespate gebraucht man fünf Angaben, nämlich ausser den Angaben, wie bei den Zweigespaten, noch zwei Winkel zur Bestimmung der Lage der schiefen Polachse zu den beiden Randachsen.

Siebente und achte Klasse: Die Ungespate.

Wenn die Gesteine beim Erstarren nicht ebene Grenzflächen mit gleichlaufenden Kanten, d. h. Spate bilden, so können sich die Theilchen nicht mit ebenen und sich deckenden Flächen an einander legen und können daher nicht Gespate entstehen, die Gesteine bilden dann unregelmäßige Körner oder Korngesteine.

Um in jeder Gespatklasse die gleichen Kräfte oder die gleichartigen Flächen zu erhalten, entwickeln wir die 48 gleichen Kräfte oder gleichartigen Flächen der Gleichgespate und ordnen dieselben so in Gruppen, wie sie den folgenden Klassen entsprechen:

Tafel der gleichen Kräfte der Gleichgespate.

$\bar{b}cb$	$\bar{b}\bar{c}\bar{b}$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}\bar{c}\bar{b}$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}\bar{c}\bar{b}$	$\bar{b}\bar{c}\bar{b}$	Erste	Reihe der ungleichen Kr.				} Erste Schicht der zwei gleichen Kräfte c und b.
$\bar{b}bc$	$\bar{b}\bar{b}\bar{c}$	$\bar{b}bc$	$\bar{b}\bar{b}\bar{c}$	$\bar{b}bc$	$\bar{b}bc$	$\bar{b}\bar{b}\bar{c}$	$\bar{b}\bar{b}\bar{c}$	Zweite	-	-	-	-	
$c\bar{b}\bar{b}$	$c\bar{b}\bar{b}$	$c\bar{b}\bar{b}$	$c\bar{b}\bar{b}$	$c\bar{b}\bar{b}$	$c\bar{b}\bar{b}$	$c\bar{b}\bar{b}$	$c\bar{b}\bar{b}$	Dritte	-	-	-	-	} Zweite Schicht der zwei gleichen Kräfte b und c.
$c\bar{b}b$	$c\bar{b}b$	$c\bar{b}b$	$c\bar{b}b$	$c\bar{b}b$	$c\bar{b}b$	$c\bar{b}b$	$c\bar{b}b$	Vierte	-	-	-	-	
$b\bar{b}c$	$b\bar{b}\bar{c}$	$b\bar{b}c$	$b\bar{b}\bar{c}$	$b\bar{b}c$	$b\bar{b}c$	$b\bar{b}\bar{c}$	$b\bar{b}\bar{c}$	Fünfte	-	-	-	-	} Dritte Schicht der zwei gleichen Kräfte b und c.
$b\bar{c}b$	$b\bar{c}\bar{b}$	$b\bar{c}b$	$b\bar{c}\bar{b}$	$b\bar{c}b$	$b\bar{c}b$	$b\bar{c}\bar{b}$	$b\bar{c}\bar{b}$	Sechste	-	-	-	-	
Erste Säule der Schief- gespate	Zweite Säule der Schief- gespate	Dritte Säule der Schief- gespate	Vierte Säule der Schief- gespate										
$\bar{b}cb$	$\bar{b}\bar{c}\bar{b}$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}\bar{c}\bar{b}$										

Die Tafel bietet uns alle 48 gleichen Zeiger der Gleichgespate, bei denen sowohl die Winkel rechte, als auch alle Spatkräfte gleich sind. Werden nur zwei Spatkräfte gleich, während die Winkel rechte bleiben, so erhalten wir drei wagerechte Schichten, deren jede ein Achtgespat mit 16 gleichen Kräften darstellt. Werden alle drei Spatkräfte ungleich, während die Winkel rechte bleiben, so erhalten wir sechs wagerechte Reihen, deren jede ein Viergespat mit 8 gleichen Kräften darstellt.

Werden die Winkel schiefe, während die Hauptkräfte gleich bleiben und drei Hauptkräfte mit einander gleiche Winkel bilden, so erhalten wir vier senkrechte Säulen, deren jede ein Sechsgespat mit 12 gleichen Kräften darstellt. Werden bei den schiefen Winkeln nur zwei Spat-

kräfte gleich, während zwei gleiche Hauptkräfte mit der ungleichen gleiche Winkel bilden, so zerfällt jede Säule des Schiefgespates in drei Schichten, deren jede ein Zweigespat mit 4 gleichen Kräften darstellt. So z. B. zerfällt die erste Säule der Schiefgespate in drei Schichten:

$$\begin{array}{ccc} \bar{b}cb & \bar{b}c\bar{b} & c\bar{b}b & c\bar{b}\bar{b} & \bar{b}bc & \bar{b}b\bar{c} \\ \bar{b}dc & \bar{b}d\bar{c} & c\bar{d}b & c\bar{d}\bar{b} & \bar{d}cb & \bar{d}c\bar{b} \end{array}$$

Werden endlich bei den schiefen Winkeln alle Spatkräfte ungleich, so zerfällt jede Säule des Schiefgespates in sechs Reihen, deren jede ein Eingespat mit nur 2 gleichen Kräften, nämlich jedesmal eine Kraft und ihre Gegenkraft darstellt.

In jeder Klasse bilden alle Gespate, bei denen die Länge der Spatkräfte die gleiche ist, während sich das Verhältniss der Zeiger beliebig ändern kann, eine Gattung. Für diese Gattungen gilt das Gesetz:

Alle Gespate derselben Gattung können sich zu einem zusammengesetzten Gespate zusammensetzen oder gatten.

In jeder Gattung bilden alle Gespate, bei denen dieselben Zeiger entweder einander gleich oder Null sind, eine Art. Ist demnach $b \geq c \geq d$ gesetzt, so giebt es in jeder Gattung höchstens folgende 7 Arten von Ganzgestalten:

$$\bar{b}cb \quad \bar{b}bc \quad \bar{b}cc \quad \bar{b}c0 \quad \bar{b}bb \quad \bar{b}b0 \quad \bar{b}00.$$

Aendert sich endlich in derselben Art die Zahl des Zeigers, so heist eine solche Aenderung eine Unterart. So sind 321 und 532 Unterarten der Art $\bar{b}cb$.

Nach diesen Vorbetrachtungen wenden wir uns nun zu den einzelnen Klassen der Gespate.*

Erste Abteilung: Die Quadergespate.

Erste Klasse: Die Gleichespate oder das regelmässige Krytall-system.

Da alle Hauptkräfte in dieser Klasse gleich sind, so giebt es nur eine Gattung von Gespaten. Alle Grenzflächen treffen die Linien der Kräfte nur in denjenigen Punkten, für welche die entsprechende Kraft

* Anm. Die Gespate werden von allen Mineralogen in sechs Klassen geteilt, aber die Namen dieser Klassen weichen wesentlich von einander ab und bezeichnen nicht das Wesen der Sache, wie dies die nachstehende Uebersicht zeigt.

den grössten, die entsprechende Stütze den kleinsten Wert hat, indem alle weiter vom Mittelpunkte gelegenen Punkte in der Achse von andern näher treffenden Grenzflächen abgeschnitten werden. Sei also

Namen der sechs Gespatklassen oder Krystallsysteme.

	Weiss 1815.	Mohs 1822.	Naumann 1828.	Grassmann.	Zeiser
Quader- gespate	reguläre	tessulare	isometrische	Gleichgespate	21
	viergliedrige	pyramidale	tetragonale	Achtgespate	8
Romben- gespate	drei und drei- gliedrige	rhomboedrische	hexagonale	Sechsgespate	6
	zwei und zwei- gliedrige	prismatische	orthorhombische	Viergespate	4
Rauten- gespate	zwei und ein- gliedrige	hemiprismatische	klinorhombische	Zweigespate	2
	ein und ein- gliedrige	tetartoprismatische	klinorhomboidische	Eingespate	1

Jeder sieht auf den ersten Blick, dass die in diesem Buche gewählte Bezeichnung die einfachste und zugleich die wissenschaftlichste ist. Das einzige durchgreifende und wissenschaftliche Kennzeichen jeder Klasse ist nämlich die Zahl der deckenden Lagen, welche die Flächen der Klasse zulassen und muss hiernach allein die Klasse benannt werden, wie dies von mir geschehen ist. Das Klassenzeichen ist dann eine einfache Zahl, der Name der Klasse ist dann nur aus zwei einfachen Worten zusammengesetzt und bedarf keiner Beinamen oder Adjectiven, nur bei der ersten Klasse musste, da „Vier und Zwanzig“ nicht in Zusammensetzungen eintreten kann, ein anderer Name gewählt werden und empfiehlt sich hier der Name Gleichgespate, da alle Kräfte rechtwinklig und gleich sind.

Auch bei Bezeichnung der Polachsen und der Randachsen weichen die Mineralogen sehr von einander ab, es bezeichnen

	Weiss Stützen.	Mohs Stützen.	Naumann Stützen.	Grassmann Kräfte. Stützen.	
die Polachse	c	a	a	B	b
seitliche Randachse	b	c	b	C	c
vordere Randachse	a	b	c	D	d

Da Grassmann die Kräfte, die anderen die Stützen zu Grunde legen, so entsprechen sich und sind bei den Rechtgesteinen einander gleich.

	Weiss Stützen.	Mohs Stützen.	Naumann Stützen.	Grassmann Kräfte. Stützen	
Die Verhältnisse	$\frac{b}{c}$	$\frac{a}{c}$	$\frac{a}{b}$	$\frac{B}{C}$	$\frac{c}{b}$
	$\frac{b}{a}$	$\frac{c}{b}$	$\frac{b}{c}$	$\frac{D}{C}$	$\frac{c}{d}$

Professor Neumann in Königsberg 1828 hat die Bezeichnung von Weiss.

$b > c > d$, so treffen die Grenzflächen die Hauptachsen nur in der Entfernung $\frac{1}{b}$, die Zwischenachsen nur in der Entfernung $\frac{1}{b+c}$, die Aussenachsen nur in der Entfernung $\frac{1}{b+c+d}$.

Die Gattung der Gleichespatte zerfällt in 7 Ganzgestalten, in 7 Halbgestalten und in eine Viertelsgestalt.*

Erste Reihe: Die Ganzgestalten der Gleichespatte.

Erste Art: Das Vollgespat oder der 48Flach. Zeiger bcd .

Das Vollgespat entwickelt alle Seite 271 aufgeführten 48 Grenzflächen.

Die Hauptstütze mh ist $\frac{1}{b}$, die Zwischenstütze mz ist $\frac{1}{b+c}$, die Aussenstütze ma ist $\frac{1}{b+c+d}$. In jedem der 6 Hauptpunkte h stosen 8 Flächen zusammen, d. h. alle Flächen, für welche die entsprechende Hauptkraft den Zeiger b hat; so stosen in dem ersten Hauptpunkte die acht Flächen: $bcd, b\bar{c}\bar{d}, \bar{b}cd, \bar{b}\bar{c}\bar{d}, b\bar{d}c, \bar{b}d\bar{c}, \bar{b}\bar{d}c, \bar{b}\bar{d}\bar{c}$ zusammen. In jedem der 12 Zwischenpunkte z stosen 4 Flächen zusammen, d. h. alle die Kräfte, bei denen die beiden entsprechenden Hauptkräfte die Zeiger b und c haben; so stosen in dem Zwischenpunkte zwischen den ersten beiden Hauptkräften die 4 Flächen: $bcd, b\bar{c}\bar{d}, \bar{c}bd, \bar{c}\bar{b}\bar{d}$ zusammen. In jedem der acht Aussenpunkte a stosen 6 Flächen zusammen, d. h. alle Flächen, bei denen die entsprechenden Hauptkräfte die Zeiger b, c und d haben; so stosen in dem Aussenpunkte zwischen den drei Spatkräften die 6 Flächen: $bcd, b\bar{d}c, \bar{c}bd, \bar{c}\bar{b}\bar{d}, \bar{d}bc, \bar{d}\bar{b}\bar{c}$ zusammen. Die folgende Tafel stellt uns für jeden Punkt die entsprechenden Flächen dar.

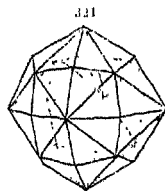
* Für die regelmässigen Gestalten ist es notwendig, brauchbare deutsche Namen einzuführen. Die Gestalt, welche alle 48 Flächen entwickelt hat, nennt man passend ein Vollgespat, da sie alle Flächen entwickelt hat, welche möglich sind. Das Fremdwort Pyramide übersetzt man passend durch Turm, von den Oktaedern nennt man das regelmässige passend den Achter, dagegen das Oktaeder überhaupt ein Achtfach. Die Doppelpyramide kann man bezeichnend ein Spies, das Prisma eine Säule nennen und zwar, wenn die Grundfläche achteckig ist, ein Achtspies und eine Achtsäule, wenn sie ein Quader ist, ein Quaderspies und eine Quadersäule, wenn sie eine Rombe ist, ein Rombenspies und eine Rombensäule. Das Skalenoeder, bei welchem die Randkanten, wie bei einer Krone, auf und nieder steigen, kann man bezeichnend ein Kronenspies nennen. Ich führe die deutschen Namen für diese Gestalten hier ein.

Tafel der zu jedem Punkte gehörigen Flächen.

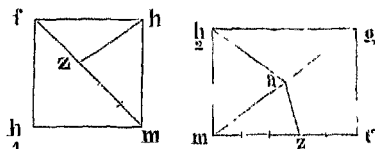
bcb	$\bar{b}cb$	$b\bar{c}b$	$\bar{b}\bar{c}b$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	bcb	bcb	} Flächen der 4 Zwischenpunkte $bco, \bar{b}co, b\bar{c}o$ und $\bar{b}\bar{c}o$.
cbb	$\bar{c}bb$	$c\bar{b}b$	$\bar{c}\bar{b}b$	$\bar{c}bb$	$\bar{c}bb$	cbb	cbb	
cbb	$\bar{c}bb$	$\bar{c}bb$	$\bar{c}bb$	cbb	cbb	$\bar{c}bb$	$\bar{c}bb$	} Flächen der 1 Zwischenpunkte $boc, \bar{b}oc, b\bar{c}c$ und $\bar{b}\bar{c}c$.
bdc	$\bar{b}dc$	$b\bar{d}c$	$\bar{b}\bar{d}c$	$\bar{b}dc$	$\bar{b}dc$	bdc	bdc	
bdc	$\bar{b}dc$	$b\bar{d}c$	$\bar{b}\bar{d}c$	bdc	bdc	$\bar{b}dc$	$\bar{b}dc$	} Flächen der 1 Zwischenpunkte $obc, \bar{o}bc, o\bar{b}c$ und $o\bar{b}c$.
$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	$\bar{b}cb$	
Flächen des Ausenp.	Flächen des Ausenp.	Flächen des Ausenp.	Flächen des Ausenp.	Flächen des Ausenp.	Flächen des Ausenp.	Flächen des Ausenp.	Flächen des Ausenp.	
bcb	$\bar{b}cb$	$b\bar{c}b$	$\bar{b}\bar{c}b$	bcb	$\bar{b}cb$	bcb	$\bar{b}cb$	

Verbindet man je einen Hauptpunkt h , einen Zwischenpunkt z und einen Ausenpunkt a , so erhält man die Fläche des Vollspates hza , von denen 48 das Vollspat begrenzen. Die drei Kanten dieses Dreieckes sind hz , za und ha . Jede dieser Kanten wird von den beiden Flächen gebildet, welche ihren beiden Eckpunkten gemeinam sind. So wird die Kante hz , deren Eckpunkte $b00$ und $\bar{b}c0$ sind, durch die beiden Flächen bcb und $\bar{b}cb$ gebildet, so die Kante ha , deren Eckpunkte $b00$ und bcb sind, durch die beiden Flächen bcb und bdc , so die Kante za , deren Eckpunkte $\bar{b}c0$ und $\bar{b}cb$ sind, durch die beiden Flächen $\bar{b}cb$ und $\bar{c}bb$.

Zeichnung des Vollgespates 321. Die gröste Hauptkraft dieses Gespates ist 3, die Hauptstütze mh dieses Gespates ist also $\frac{1}{3}$; die gröste Zwischenkraft dieses Gespates ist $3 + 2$, die Zwischenstütze mz ist also $\frac{1}{5}$; die Ausenkraft dieses Gespates ist $3 + 2 + 1$, die Ausenstütze ma ist demnach $\frac{1}{6}$, oder setzen wir die Hauptstütze $mh = 1$, so ist die Zwischenstütze $mz = \frac{3}{5}$ und die Ausenstütze $ma = \frac{1}{2}$. Die Zeichnung des Gespates und seines Netzes ist hienach sehr leicht. Setzen wir in der Achfennorm $mh = 10$, so ist $mz = 6$, $ma = 5$, und ziehen wir nun alle Linien hz , ha , za , so haben wir die ganze Gestalt. In der nebenstehenden Zeichnung sind mh , mh_1 und mh_2 die drei gleichen



Zeichn. 75.



Zeichn. 76.

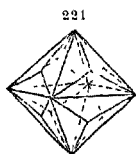
Hauptkräfte; dann ist mf die Zwischenkraft, $mz = \frac{3}{5} mf$ die Zwischenstütze, und ist mg die Aussenkraft, $ma = \frac{1}{3} mg$ die Aussenstütze. Die drei Seiten des Dreiecks der Grenzfläche sind dann: hz , za und ah .

Aus dem Vollgespate findet man die andern Arten der Gleichespate, wenn man eine oder zwei der Seiten des Dreiecks hza verschwinden lässt. Wenn eine der drei Seiten verschwindet, so erhält man eines der drei 24Fläche; wenn man dagegen zwei Seiten verschwinden lässt, so erhält man ein 12, ein 8 oder ein 6Fläch.

Zweite Art: Das Pyramidenoctaeder oder der Turmacher.

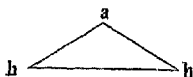
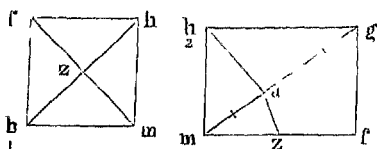
Zeiger $\delta\delta\delta$.

Die Kante za des Vollgespates fällt fort. Da nämlich δ und c gleich sind, so fallen je zwei Flächen, welche sich bloß durch Vertauschung von δ und c unterscheiden, in eine Fläche zusammen, so z. B. die beiden Flächen $\delta\delta\delta$ und $c\delta\delta$ in die Fläche $\delta\delta\delta$, und fällt also die Kante za fort. In z und a stoßen mithin nur noch halb soviel Flächen zusammen als bisher, d. h. in z nur 2 Flächen, so $\delta\delta\delta$ und $\delta\delta\delta$, der Punkt z wird also ein Punkt in der Kante hh , in welche hz und zh zusammengehen. In a stoßen nur 3 Flächen zusammen, welche einen Turm bilden, die Kanten ha bleiben wie bisher. Die Flächen sind gleichschenklige Dreiecke hha , deren je acht in dem Punkte h zusammenstoßen.



Zeichn. 77.

Zeichnung des Turmachers 221. Für dies Gespalt ist die größte Hauptkraft 2, die größte Zwischenkraft $2 + 2$, die Aussenkraft $2 + 2 + 1$, also hat man für die Stützen $mh = \frac{1}{2}$, $mz = \frac{1}{4}$, $ma = \frac{1}{5}$. Die Zeichnung des Gespates und des Netzes bietet keine Schwierigkeiten. Setzen wir in der Achsenform $mh = 10$, so ist $mz = 5$, $ma = 4$, und ziehen wir nun alle Linien hh und ha , so haben wir die Gestalt.



Zeichn. 78.

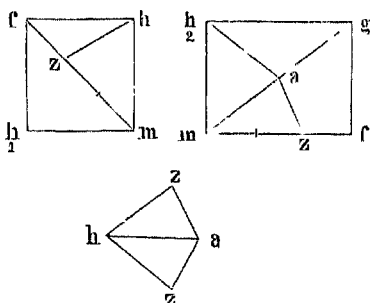
Dritte Art: Der Leucit. Zeiger $\delta\delta\delta$.

Die Kante ha des Vollgespates fällt fort. Da nämlich c und δ gleich sind, so fallen je zwei Flächen, welche sich nur durch Ver-

tauschung von c und b unterscheiden, in eine Fläche zusammen, so z. B. bcb und bdc in die Fläche bcc , und fällt also die Kante ba fort. In h und a stoßen mithin nur noch halb soviel Flächen zusammen, wie bisher, d. h. in h nur 4, in a nur 3 Flächen, in z noch 4 Flächen. Je zwei Dreiecke ahz und haz setzen sich in der Linie ha in ein Viereck $hzaz$ zusammen.

Zeichnung des Leucits 211.

Für dies Gespat ist die größte Hauptkraft 2, die größte Zwischenkraft $2 + 1$, die Ausenkraft $2 + 1 + 1$, also hat man für die Stützen $mh = \frac{1}{2}$, $mz = \frac{1}{3}$, $ma = \frac{1}{4}$. Die Zeichnung bietet keine Schwierigkeiten dar. Setzen wir in der Achsenform $mh = 12$, so ist $mz = 8$, $ma = 6$, und ziehen wir nun alle Linien hz und za , so haben wir die Gestalt.



Zeichn. 80.

Vierte Art: Der Pyramidenwürfel oder der Turmwürfel.

Zeiger $bc0$.

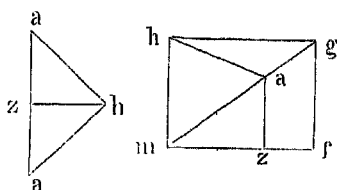
Die Kante hz des Vollgespates fällt fort. Da nämlich $b = 0$ ist, so fallen je zwei Flächen zusammen, in denen der Zeiger von b entgegengesetzt ist, so z. B. bcb und bcb in $bc0$, und fällt also die Kante hz fort. In h und z stoßen nur halb soviel Flächen zusammen, wie bisher, d. h. in h nur 4, welche einen Turm bilden, in z nur 2, welche in z nicht mehr eine Ecke, sondern nur eine Kante bilden. Die beiden Kanten az und za treten in eine Kante aa zusammen; die Kanten ha bleiben wie bisher. Die Flächen sind gleichschenklige Dreiecke aha , deren je 6 im Punkte a zusammenstoßen.

Zeichnung des Turmwürfels 210.

Für dies Gespat ist $mh = \frac{1}{2}$, $mz = \frac{1}{3}$, $ma = \frac{1}{3}$.



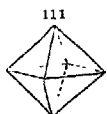
Zeichn. 81.



Zeichn. 82.

Fünfte Art: Das Octaeder oder der Achter. Zeiger 666.

Die beiden Kanten ha und za des Vollgespates fallen fort. Da nämlich $b = c = d$ ist, so gehen alle sechs Flächen, welche sich durch Vertauschung dieser Zeiger unterscheiden, in eine Fläche zusammen, d. h. alle Flächen eines Aussenpunktes a . Der Punkt a wird dadurch Punkt in einer Fläche, die Kanten ha und za fallen fort. In h und z stoßen nur halb soviel Flächen zusammen, wie bisher, d. h. in h nur 4, in z nur 2 Flächen. Der Punkt z bildet keine Ecke mehr, sondern einen Punkt in einer Kante, die Kanten hz und zh gehen in eine Kante hh zusammen. Die Flächen sind acht gleichseitige Dreiecke hhh . Vom Achter giebt es nur eine Unterart 111. Für diese ist $mh = 1$, $mz = \frac{1}{2}$.

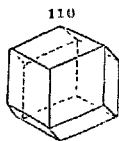


Zeichn. 83.

$$ma = \frac{1}{3}.$$

Sechste Art: Das Rombendodecaeder oder der Zwölfromb. Zeiger 660.

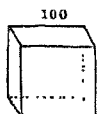
Die beiden Kanten hz und za des Vollgespates fallen fort. Da nämlich $b = c$, und $d = 0$ ist, so fallen je vier Flächen zusammen, in denen b und c vertauscht und d und \bar{d} entgegengesetzt sind, d. h. alle Flächen eines Zwischenpunktes. Der Punkt z wird dadurch Punkt in einer Fläche, die Kanten hz und az fallen fort. In h und a stoßen nur halb soviel Flächen zusammen, wie bisher, d. h. in h nur 4, in a nur 3 Flächen. Die Kanten ha bleiben und bilden 12 Romben $haha$. Vom Zwölfromb giebt es nur eine Unterart 110. Für diese ist $mh = 1$, $mz = \frac{1}{2}$, $ma = \frac{1}{2}$.



Zeichn. 84.

Siebente Art: Der Würfel. Zeiger 600.

Die beiden Kanten ha und hz des Vollgespates fallen fort. Da nämlich $c = d = 0$ ist, so fallen alle acht Flächen zusammen, in denen c und d entgegengesetzt oder auch vertauscht sind, d. h. alle Flächen eines Hauptpunktes h . Der Punkt h wird dadurch Punkt in einer Fläche, die Kanten ha und hz fallen fort. In a und z stoßen nur halb soviel Flächen zusammen, wie bisher, d. h. in a nur 3, in z nur 2 Flächen, welche eine Kante bilden. Die beiden Kanten az und za gehen in eine Kante aa zusammen und bilden 6 Quader $aaaa$. Der Würfel hat nur eine Unterart 100. Für diese ist $mh = 1$, $mz = 1$ und $ma = 1$.



Zeichn. 85.

Die aufgeführten Unterarten der Ganzgestalten kann man annehmen, als durch Verschmelzung der einfachsten Gestalten entstanden. So giebt der Würfel (100) mit dem Zwölfrumb (110) verschmolzen den Turmwürfel 210, so der Würfel (100) mit dem Achter (111) den Leucit 211, so der Zwölfrumb (110) mit dem Achter (111) den Turmachter 221, so endlich Würfel (100), Zwölfrumb (110) und Achter (111) verschmolzen das Vollgespat 321.

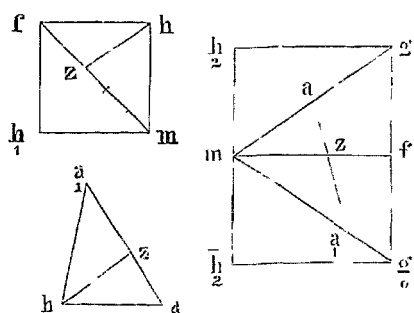
Zweite Reihe: Die Halbgestalten der Gleichgespate.

Bei den Halbgestalten verschwinden und treten abwechselnd die benachbarten Flächen oder Flächengruppen hervor. Es dürfen daher nie zwei an einander grenzende Flächen, bez. Flächengruppen, gleichzeitig verschwinden oder gleichzeitig hervortreten. Hieraus folgt, dass Gespate mit dreikantigen Ecken nur dann Halbgestalten entwickeln können, wenn die Flächengruppen dieser Ecken abwechseln können wie beim Turmachter. Der Würfel und der Zwölfrumb können daher keine Halbgestalten haben. Mit andern Worten, nur diejenigen Gespate entwickeln Halbgestalten, deren Flächenzahl durch acht teilbar ist.

Für das Vollgespat giebt es nun drei Halbgestalten. eine Aussenhalbe $\frac{1}{2}(6cb)$, in der die Flächengruppen an den Aussenpunkten a wechseln, eine Zwischenhalbe $\frac{6cb}{2}$, in der die Flächenpaare an den Zwischenkanten hz wechseln, und eine Haupthalbe $(6cb)\frac{1}{2}$, in der die einzelnen Flächen an den Hauptpunkten h wechseln.

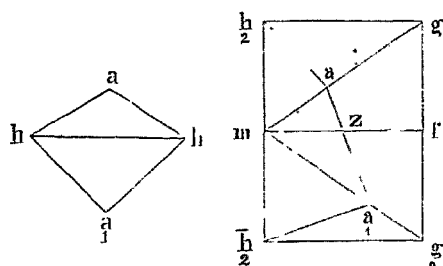
Erste Art: Die Aussenhalbe oder die dreieckige Halbgestalt des Vollgespates. Zeiger $\frac{1}{2}(6cb)$.

Die ganze Flächengruppe von a verschwindet abwechselnd. Bei dem verschwindenden Punkte a_0 wird die Aussenachse mg_0 nicht mehr in der Entfernung $ma_0 = \left(\frac{1}{b+c+d}\right)mg$ von den Grenzflächen abgeschnitten. sondern erst in der nächst weitem Entfernung $ma_1 = \left(\frac{1}{b+c-d}\right)mg$. Der Punkt z wird durch das Verschwinden zweier seiner vier Flächen ein Punkt in der Kante aa_1 , welche die Kante az verlängert. Die Kante hz verschwindet; dagegen bleibt ha bei den bleibenden Punkten a und tritt bei den neuen Punkten a_1 die Kante ha_1 neu auf. Das Gespat hat 24 Dreiecke haa_1 , deren 4 in h und je 6 in a und a_1 zusammenstossen.



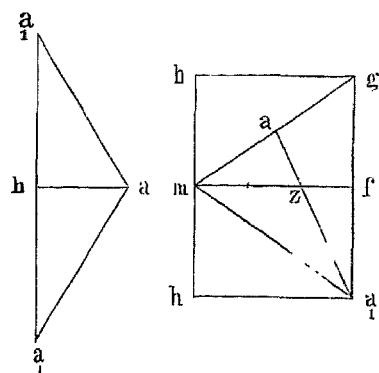
Zeichn. 86.

Zweite Art: Die Halbgestalt des Pyramidenoctaeders oder des Turmachters, d. h. das Pyramidentetraeder oder der Turmvierer. Zeiger $\frac{1}{2}$ (bbb).



Zeichn. 87.

Zeichnung der Unterart $\frac{1}{2}$ (221). Für dies Gespat ist $mh = \frac{1}{2}$, $mz = \frac{1}{4}$, $ma = \frac{1}{5}$, $ma_1 = \frac{1}{3}$.



Zeichn. 88.

Zeichnung der Unterart $\frac{1}{2}$ (321). Für dies Gespat ist $mh = \frac{1}{3}$, $mz = \frac{1}{5}$, $ma = \frac{1}{6}$, $ma_1 = \frac{1}{4}$; setzen wir also $mh = 1$, so wird $mz = \frac{3}{5}$, $ma = \frac{1}{2}$, $ma_1 = \frac{3}{4}$, und wird also die benachbarte Aussenkraft mg_0 in der Entfernung $\frac{3}{4}$ geschnitten.

Da beim Turmacher die Kante za fortfällt, so fällt hier aus der ersten Halbgestalt die Kante aa_1 fort und gehen mit hin zwei Dreiecke hau_1 in ein Viereck $haha_1$ zusammen, deren 12 das Gespat umgeben. In h stosen wie bei der ersten Halbgestalt 4. in a und a_1 nur halb soviel als bisher, d. h. je 3 Flächen zusammen.

Dritte Art: Die Halbgestalt des Leucits. Zeiger $\frac{1}{2}$ (bcc).

Da beim Leucit die Kante ha fortfällt, so bleiben von den Flächen der ersten Halbgestalt in den Punkten h, a und a_1 nur je halb soviel, d. h. in a und a_1 nur je 3, in h nur zwei Flächen. Der Punkt h bleibt keine Ecke, sondern wird ein Punkt in der Kante a_1a_1 . Je zwei Dreiecke der ersten Halbgestalt a_1ah und

aha_1 gehen in ein gleichschenkliges Dreieck a_1aa_1 zusammen, von denen 12 die Gestalt begrenzen.

Zeichnung der Unterart $\frac{1}{2}$ (211). Für dies Gespat ist $mh = \frac{1}{2}$, $mz = \frac{1}{3}$, $ma = \frac{1}{4}$, $ma_1 = \frac{1}{2}$.

Vierte Art: Die Halbgestalt des Octaeders oder Achters, d. h. das Tetraeder oder der Vierer. Zeiger $\frac{1}{2}$ (666).

Da bei dem Achter die beiden Kanten ha und za , in der Halbgestalt also aa_1 , fortfallen, so fällt die Ecke a aus und gehen die um a herumliegenden sechs Flächen in ein gleichseitiges Dreieck $a_1a_1a_1$ zusammen, deren vier das Gespat bilden. In h und a_1 stosen nur halb soviel Flächen zusammen als bei der ersten Halbgestalt, d. h. in a_1 nur 3, in h nur 2 Flächen, der Punkt h ist also ein Punkt in der Mitte der Kante.

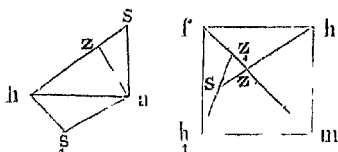
Fünfte Art: Die Zwischenhalbe oder die viereckige Halbgestalt des Vollgespates. Zeiger $\frac{bcb}{2}$.

Bei dieser Halbgestalt verschwindet abwechselnd das an hz grenzende Flächenpar. Von dem bleibenden Flächenpare setzt sich also die Kante hz über z hinaus fort, da das angrenzende Flächenpar verschwindet, bis sie die Kante des Flächenpares trifft, welches sich von dem angrenzenden Hauptpunkte h_1 aus fortsetzt. Diese Kante schneidet aber die Zwischenachse mf nicht in der Entfernung $\frac{1}{b+c}$, sondern in der nächst weitem Entfernung $\frac{1}{b+b}$. Sei

also $mz_1 = \left(\frac{1}{b+b}\right) mf$, so ziehe man

die Kante h_1z_1 und verlängere hz , bis sie diese Kante in s schneidet, so bildet s den neuen Eckpunkt. In dem Dreiecke haz verlängere man also hz bis s und ziehe sa . Da aber gleichzeitig die Fläche sich auch über ha fort-

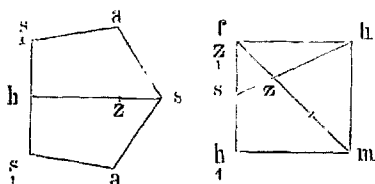
setzt, indem auch hier die benachbarte Fläche verschwindet, so hat man auch nach dieser Seite ein Dreieck anzulegen, dessen Seite $hs_1 = h_1s$ und in dem $s_1a = sa$ ist und erhält auf diese Weise ein Viereck, deren 24 die Halbgestalt bilden. Von diesen Flächen stosen in h 4, in a 3, in s wieder 4 zusammen.



Zeichn 89

Zeichnung der Unterart $\frac{321}{2}$. Für dies Gespat ist $mh = \frac{1}{3}$, $mz = \frac{1}{5}$, $mz_1 = \frac{1}{4}$, $ma = \frac{1}{6}$. oder wenn man $mh = 1$ setzt, so ist jede Entfernung das Dreifache.

Sechste Art: Die Halbgestalt des Pyramidenwürfels oder Turmwürfels, d. h. die Pyritoide. Zeiger $\frac{6c0}{2}$.



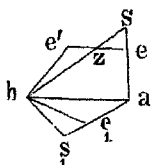
Zeichn. 90.

Da beim Turmwürfel die Kanten hz , d. h. in der Halbgestalt die Kanten hs fortfallen, so stoßen in h nur 2, in s nur 3 Flächen zusammen, und wird h also ein Punkt in der Kante s_1s_1 . Aus den beiden Vierecken s_1ash und shs_1a wird ein Fünfeck s_1asas_1 und zwölf solcher Fünfecke begrenzen das Gespat und stoßen in a und s je drei Flächen zusammen.

Zeichnung der Unterart $\frac{210}{2}$. Für dies Gespat ist $mh = \frac{1}{2}$, $mz = \frac{1}{3}$, $mz_1 = \frac{1}{2}$, $ma = \frac{1}{3}$.

Siebente Art: Die Haupthalbe oder die fünfeckige Halbgestalt des Vollgespates. Zeiger $(6cb)\frac{1}{2}$.

Bei dieser Halbgestalt verschwindet die je zweite Fläche. Ueber jeder verschwindenden Fläche erscheint eine neue Ecke e , statt jeder Kante des Dreiecks hza erscheinen demnach zwei in e sich schneidende Kanten und müsste aus dem Dreiecke ein Sechseck werden, wenn nicht zugleich z als Ecke verschwände und also ein Fünfeck entstände. Da nämlich in jedem Eckpunkte die Hälfte der Flächen schwindet, so stoßen in h nur 4, in a nur 3, in z nur 2 Flächen zusammen und wird mithin z nur Punkt in einer Kante. Die drei durch a gehenden Kanten haben ganz die gleiche Lage wie in der viereckigen Halbgestalt $hsas_1$. Ueber der verschwindenden Fläche kann die benachbarte Fläche, welche die obige Fläche in z schneidet, die Linien mh und ma nicht mehr in den dem Mittelpunkte zunächst liegenden Punkten, sondern erst in dem nächst weitem Punkte schneiden, die Hauptstütze mh_1 wird daher statt $(\frac{1}{b})mb$ jetzt $(\frac{1}{c})mb$, die Ausenstütze ma_1 wird $(\frac{1}{b+c-b})mg$.



Zeichn. 91.

Zeichnung der Unterart (321) $\frac{1}{2}$. Es ist $mh = \frac{1}{3}$, $ma = \frac{1}{6}$, $mh_1 = \frac{1}{2}$, $ma_1 = \frac{1}{1}$, mithin ist $\frac{mh}{ma} = \frac{mh_1}{ma_1}$, d. h. es sind ha und h_1a_1 gleichlaufend. Die Fläche, welche durch z geht, schneidet also ba gar nicht und ist die durch z gehende Kante ce' gleichlaufend mit ha . Zieht man also in dem Vierecke $h-as_1$ durch z eine Gleichlaufende mit ha , welche as in e trifft, und macht auf derselben $ze' = ze$, zieht he' , schlägt mit he' einen Kreis aus h , der as_1 in e_1 trifft und zieht he_1 , so ist he_1ace' das gefuchte Fünfeck und bilden 24 solcher Fünfecke die Halbgestalt.

Dritte Reihe: Die Viertelsgestalt. Zeiger $\frac{1}{4}$ (bcb).

Aus jeder Halbgestalt des Vollgespates kann man nun wieder eine Viertelsgestalt ableiten und ergeben alle drei Halbgestalten dieselbe Viertelsgestalt, welche von 12 Fünfecken begrenzt ist. Dieselbe lässt sich in gleicher Weise wie die Halbgestalten entwickeln.

Vierte Reihe: Die zusammengesetzten Gestalten.

Die einfachen Gestalten gestatten nun die mannigfachsten Verbindungen. Befonders häufig find die Verbindungen der einfachsten Gestalten, des Würfels, des Achters und des Zwölfrombs. Der Würfel stumpft die Hauptecken, der Achter die Ausenecken, der Zwölfromb die Zwischenecken gerade ab. Je nachdem nun die eine oder die andere Gestalt vorwaltet, wird dies Verhältniss ein verschiedenes und ändert sich die Gestalt. Die Zeichnung bietet keine Schwierigkeiten dar.

Zweite Klasse: Die Achtgespate oder das achtzählige Krystallsystem.

Von den drei Spatkräften ist die eine, die Polkraft, ungleich, die andern beiden, die Randkräfte, sind gleich. Die Hauptpunkte der Polachse heissen Pole p , die der Randachsen heissen Randpunkte r , die Ebene derselben die Randebene. Die Klasse zählt soviel Gattungen, als es Verhältnisse zwischen der Polkraft und den Randkräften giebt. Der Zeiger der Gattung giebt die Polkraft b , gemessen durch die Randkraft c .

Die sämtlichen gleichen Kräfte erhalten wir, wenn wir jede Kraft in ihre Gegenkraft verwandeln und die beiden Randkräfte vertauschen. Es ergeben sich dann, wenn der erste Zeiger stets die Pol-

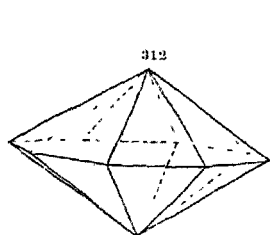
kräfte bezeichnet, folgende 16 gleiche Kräfte und gleichartige Flächen; dieselben sind so geordnet, wie sie neben einander liegen:

$$\begin{array}{cccccccc} bdc & bcd & b\bar{c}\bar{d} & b\bar{d}\bar{c} & \bar{b}d\bar{c} & \bar{b}c\bar{d} & \bar{b}\bar{c}d & \bar{b}\bar{d}c \\ \bar{b}dc & \bar{b}cd & \bar{b}\bar{c}\bar{d} & \bar{b}\bar{d}\bar{c} & \bar{b}d\bar{c} & \bar{b}c\bar{d} & \bar{b}\bar{c}d & \bar{b}\bar{d}c \end{array}$$

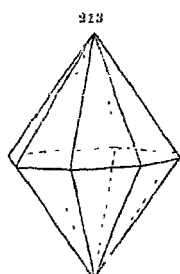
Zwischen den gleichen Randkräften giebt es eine Zwischenkraft m. z. Sei $c > d$, so wird jede Randkraft in der Entfernung $\frac{1}{c}$, jede Zwischenkraft in der Entfernung $\frac{1}{c+d}$ geschnitten. Die Aussenachsen bieten keine ausgezeichneten Punkte.

In jeder Gattung giebt es 7 Arten von Ganzgestalten. Wir nennen die Doppelpyramide oder den Doppelturm ein Spies und zwar,

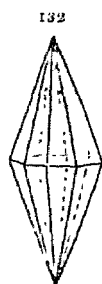
wenn die Grundfläche achtseitig ist, ein Achtspies, wenn ein Quader ein Quaderspies, wenn eine Rombe ein Rombenspies, wenn endlich die Grundseite auf und nieder steigt, ein Kronenspies oder Skälēnoeder. Die Ganzgestalten sind dann folgende:



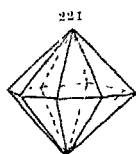
Zeichn. 92.



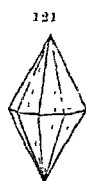
Zeichn. 93.



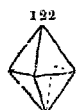
Zeichn. 94.



Zeichn. 95.



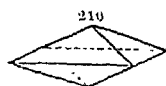
Zeichn. 96.



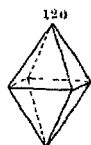
Zeichn. 97.



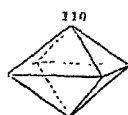
Zeichn. 98.



Zeichn. 99.



Zeichn. 100.



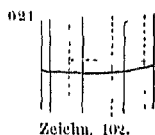
Zeichn. 101.

1. Das Achtspies. Zeiger bcd . In den Polen stosen acht, in den Rand- und Zwischenpunkten je 4 Flächen zusammen; die Zeichnung ergiebt sich ohne Weiteres.

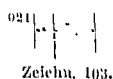
2. Das Quaderspies in schräger Stellung. Zeiger bcc . Die Flächen bcd und bdc fallen in bcc zusammen, die Ecken in den Zwischenpunkten verschwinden.

3. Das Quaderspies in gerader Stellung. Zeiger bcd . Die Flächen bcd und bdc fallen in bcd zusammen, die Ecken in den Randpunkten verschwinden.

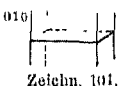
4. Die Achtfäule. Zeiger 0cd. Die Randkanten verschwinden, indem die Flächen bcd und $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$ in 0cd zusammenfallen.



5. Die Quaderfäule in schräger Stellung. Zeiger 0cc.



6. Die Quaderfäule in gerader Stellung. Zeiger 0c0.



7. Die Schicht. Zeiger 600. Alle 8 im Pole p zusammentreffende Flächen bdc, $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$, $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$, $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$, $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$, $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$, $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$, $\bar{b}\bar{c}\bar{d}$ fallen in eine Ebene 600 zusammen.



Die Halbgestalten sind in dieser Klasse überaus zahlreich. Allein der Achtspies entwickelt 6 Halbgestalten, indem entweder die in z, oder die in r, oder die in zr, oder die in pr, oder die in pz anstosenden Flächen abwechseln, oder endlich die einzelnen Flächen wecheln. Wir bezeichnen diese Halbgestalten der Reihe nach durch $\frac{z}{2}$, $\frac{r}{2}$, $\frac{zr}{2}$, $\frac{pr}{2}$, $\frac{pz}{2}$ und $\frac{1}{2}$. Die ersten zwei Halbgestalten $\frac{z}{2}$ und $\frac{r}{2}$ sind Rombenspiese, die dritte $\frac{zr}{2}$ ist ein Quaderspies, die letzten drei sind Kronenspiese oder Skalenoeder und zwar $\frac{pr}{2}$ und $\frac{pz}{2}$ Kronenspiese von 8 Dreiecken, und $\frac{1}{2}$ ein Kronenspies von 8 Vierecken begrenzt.

Die Halbgestalten der folgenden Arten bieten keine Schwierigkeiten dar.

Zweite Abteilung: Die Rombengespatte.

Dritte Klasse: Die Sechsgespatte oder das sechszählige Krystallsystem.

Alle drei Spatkräfte sind gleich und bilden gleiche, aber schiefe Winkel. Man erhält die gleichen Kräfte, wenn man je zwei Spatkräfte vertauscht, dagegen darf man keine Kraft mit ihrer Gegenkraft

vertauschen. Es ergeben sich dann 12 gleiche Kräfte; dieselben sind so geordnet, wie sie neben einander liegen:

$$\begin{array}{cccccc} \overline{bcb} & \overline{bdc} & \overline{cbb} & \overline{dcb} & \overline{dbc} & \overline{cbb} \\ \overline{bcb} & \overline{bdc} & \overline{cbb} & \overline{dcb} & \overline{dbc} & \overline{cbb} \end{array}$$

Wenn man die drei Spatkräfte so stellt, dass sie mit der senkrechten Linie gleiche Winkel bilden, so kann man die senkrechte Linie zur Polachse und die darauf senkrechte Ebene zur Randebene machen, und jede Hauptkraft mh gleich der geometrischen Summe aus Pol und Randkraft mp und mr setzen, d. h. $mh = mp + mr$. Dann ist mp für alle Kräfte gleich und erhalten wir drei Randkräfte mr , mr_1 , mr_2 , welche einander gleich sind und sich unter 120° schneiden. Die Klasse zählt dann soviel Gattungen, als es Verhältnisse zwischen mp und mr oder $\frac{B}{C}$ giebt, und wird jede Gattung durch die Angabe dieses Verhältnisses bestimmt.

Die drei gleichen Randkräfte kann man endlich auf zwei ungleiche Randkräfte zurückführen, welche senkrecht auf einander stehen und bei denen $\frac{D}{C} = 0,866$ ist. Man hat dann drei senkrechte Achsen und kann leicht die Stützen aus den Kräften berechnen, wie dies die Anmerkung zeigt.*

* Wir stellen die drei Spatkräfte demnach so, dass sie mit der senkrechten Linie gleiche Winkel bilden, nennen die senkrechte Linie die Polachse, die wagerechte Ebene die Randebene und setzen jede Hauptkraft mh gleich der räumlichen oder geometrischen Summe aus der Polkraft mp und der Randkraft mr , d. h. $mh = mp + mr$. Dann ist mp für alle Kräfte gleich und erhalten wir drei Randkräfte mr , mr_1 und mr_2 , welche einander gleich sind und sich gegenseitig unter 120° schneiden. Zieht man endlich in der Randebene die Zwischenkraft mz senkrecht auf mr , so ist

$$mr_1 = mz + \frac{1}{2} mr \quad \text{und} \quad mr_2 = mz + \frac{1}{2} mr.$$

Die Hauptachsen sind dann auf drei senkrechte Achsen mp , mr und mz gebracht und ist

$$mh = mp + mr, \quad mh_1 = mp + mz - \frac{1}{2} mr \quad \text{und} \quad mh_2 = mp - mz - \frac{1}{2} mr.$$

Für die Gestalt bcb ist dann die Kraft

$$bcb = b \cdot mh + c \cdot mh_1 + d \cdot mh_2,$$

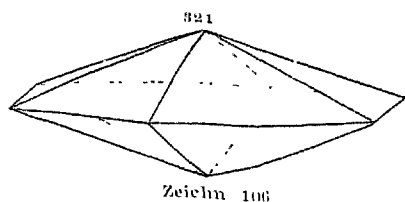
$$= b (mp + mr) + c \left(mp + mz - \frac{1}{2} mr \right) + d \left(mp - mz - \frac{1}{2} mr \right)$$

$$= mp (b + c + d) + mr \left(b - \frac{1}{2} c - \frac{1}{2} d \right) + mz (c - d).$$

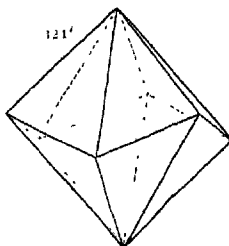
In jeder Gattung giebt es 5 Arten von Ganzgestalten:

1. Das zwölfblüchige Kronenspies. Zeiger 6cb.

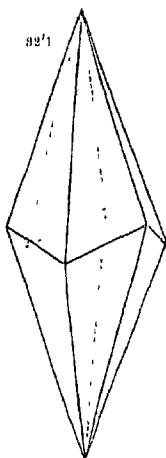
Daselbe wird ein einfaches Spies, wenn $b = c = c = d$.



Zeichn. 106



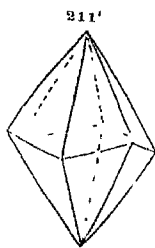
Zeichn. 107.



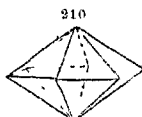
Zeichn. 108.



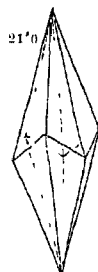
Zeichn. 109



Zeichn. 110.



Zeichn. 111.



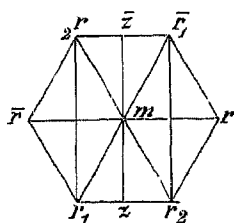
Zeichn. 112

Zeichnung des Kronenspieses 43f. Hier ist $mP = \frac{1}{8} mP$, $mR = \frac{2}{4} mR$, $mR' = \frac{2}{5} mR$, $mZ = \frac{1}{3} mZ$. Aus R und R' findet man dann durch Verlängerung der Linien PR' und $P'R$ die Punkte e und e' und daraus die Dreiecke Pee' .

Da nun die Polachse, die Randachse und die Zwischenachse senkrecht auf einander stehen, so verhalten sich die Stützen umgekehrt wie die Achsen. Setzt man also für die Gestalt 111, die Kraft $mr = 1$, so sind die Stützen $mP = \frac{1}{mp}$, $mR = \frac{1}{mr} = 1 = mr$, $mZ = \frac{1}{mz}$ und erhält man diese Stützen unmittelbar durch Zeichnung, wenn man rP senkrecht auf mh , und r_1Z senkrecht auf mr_1 zieht. Für die Gestalt 6cb sind die drei Stützen dann

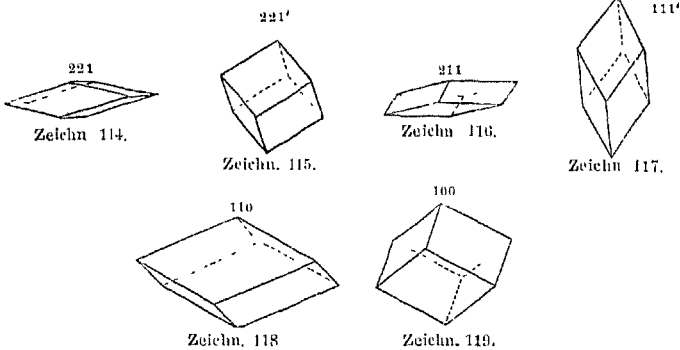
$$mP = \frac{mP}{b + c + d}, \quad mR = \frac{2mR}{2b - c - d}, \quad mZ = \frac{mZ}{c - d}.$$

Von diesen Stützen kommen aber nur die in der Gestalt selbst vor, deren



Zeichn. 113.

2. Das Rombenspat oder Romboeder. Zeiger $\bar{b}c$. Die Flächen $\bar{b}cd$ und $\bar{b}de$ fallen zusammen.



3. Die Schicht. Zeiger $\bar{b}b\bar{b}$. Alle Flächen um p fallen zusammen.
 Zeichn. 120.

Werte die kleinsten sind, indem die grössern durch die Grenzflächen weggeschnitten werden. Setzen wir also $\bar{b} > c > b$, so hat man für die Randstütze die Werte

$$\frac{2mR}{2\bar{b} - c - b}, \quad \frac{2mR}{2c - b - \bar{b}} \quad \text{und} \quad \frac{2mR}{2b - \bar{b} - c}.$$

Von dieser ist der zweite stets kleiner als der erste und bedarf also der Betrachtung nicht. Der dritte $\frac{2mR}{2b - \bar{b} - c}$ ist stets negativ und trifft daher die Gegenachse, man setzt deshalb besser $\frac{2m\bar{R}}{b + c - 2\bar{b}}$, dann hat man für die Kante des Gegenpoles $m\bar{R}' = \frac{2mR}{b + c - 2\bar{b}}$. Die Randachse mR wird also in zwei Punkten R und R' geschnitten, und zwar ist

$$mR = \frac{2mR}{2b - c - \bar{b}} \quad mR' = \frac{2mR}{b + c - 2\bar{b}}$$

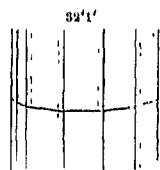
wo $mR = mR'$ ist, je nachdem $c - \bar{b} > b - c$ ist. Die Linien mR und mR'

hat man nun noch zu verlängern, bis sie sich schneiden, und hat man dann die Randecken e und e' , wo sich je vier Flächen treffen. Dieselben liegen abwechselnd über und unter der Randebene, die Gestalt ist also ein Kronenspies oder Skalenoeder, wird aber, wenn $b - c = c - \bar{b}$ wird, ein einfaches Spies.

Wir haben bisher nur die Gestalten betrachtet, wo die Hauptkräfte in der zusammengefassten Kraft demselben Pole angehören. Für die Gestalt $\bar{b}cd$ werden die Formeln etwas anders, indem dann das Zeichen von \bar{b} entgegengesetzt zu nehmen ist und erhält man

$$m\bar{R} = \frac{mP}{2c + \bar{b} - b}, \quad mR = \frac{2mR}{2c + b - \bar{b}}, \quad mR' = \frac{2mR}{2b + c + \bar{b}}, \quad m\bar{R} = \frac{m\bar{R}}{b + c}.$$

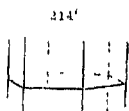
4. Die Zwölffsäule. Zeiger bcd , wo $b = c \div d$. Hier wird $m\beta = \frac{1}{0}$.



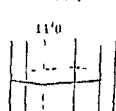
Zeichn. 121.

5. Die Sechsfäule. Zeiger $\bar{6}06$. Die obere und die untere Fläche fallen zusammen.

Das Kronenspies liefert zwei Halbgestalten $\frac{3N'}{2}$ und $\frac{1}{2}$. In der ersten wechseln die an den Randkanten $3N'$ liegenden



Zeichn. 122.



Zeichn. 123.

Flächenpaare; dieselbe ist ein von 6 Vierecken umschlossenes Kronenspies, welches, wenn $b - c = c - d$ ist, in ein einfaches Dreispies übergeht, oder, wenn in der Gestalt $\bar{6}cd$ das $b = c \div d$ ist, in eine Sechsfäule übergeht mit abwechselnd schärfern und stumpfern Kanten. Die Halbgestalt $\frac{1}{2}$ ist ein Rombenspat oder Romboeder.

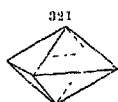
Vierte Klasse: Die Viergespate oder das vierzählige Krystallsystem.

Die drei Spatkkräfte sind sämmtlich ungleich. Wir erhalten die gleichen Kräfte und gleichartigen Flächen, wenn wir jede Kraft mit ihrer Gegenkraft vertauschen. Es ergeben sich dann acht gleiche Kräfte; dieselben sind so geordnet, wie sie neben einander liegen.

$$\begin{array}{cccc} bcd & \bar{b}cd & b\bar{c}d & bcd \\ \bar{b}cd & \bar{b}cd & bcd & bcd \end{array}$$

Die Ganzgestalten bilden drei Arten, nämlich:

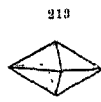
1. Das Rombenspies. Zeiger bcd .



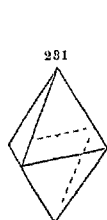
Zeichn. 124.



Zeichn. 125.



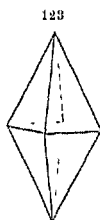
Zeichn. 126.



Zeichn. 127.

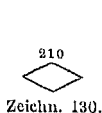


Zeichn. 128.

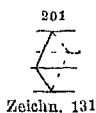


Zeichn. 129.

2. Die Rombenfäule. Zeiger $\bar{b}c0$, $b0\bar{b}$, $0c\bar{b}$, d. h. wenn ein Zeiger Null ist.



Zeichn. 130.



Zeichn. 131



Zeichn. 132



Zeichn. 133.



Zeichn. 134



Zeichn. 135.



Zeichn. 136



Zeichn. 137.

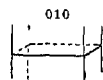


Zeichn. 138.

3. Die Schicht. Zeiger $b00$, $0c0$, $00\bar{b}$, d. h. wenn zwei Zeiger Null sind.



Zeichn. 139.



Zeichn. 140.



Zeichn. 141.

Die erste Gestalt bietet eine Halbgestalt $\frac{1}{2}$ ($b\bar{c}b$) durch Abwechslung der einzelnen Flächen. Dieselbe ist ein Vierflach von 4 ungleichseitigen Dreiecken, welches man erhält, wenn man in dem Dreiecke der Ganzgestalt durch jede Ecke eine Gleichlaufende mit der gegenüberliegenden Seite zieht.

Dritte Abteilung: Die Rautengespathe.

Wir haben Rautengespathe die Gespathe genannt, bei denen die Randebene eine Raute (Parallelogramm) mit ungleichen Seiten und schiefen Winkeln zeigt, und die Gestalt 100 entsprechende Flächen zeigt.

Fünfte Klasse: Die Zweigespathe oder das zweizählige Krystallsystem.

Von den drei Spatkräften sind zwei gleich groß und bilden mit der ungleichen dritten gleiche Winkel. Sämmtliche gleiche Kräfte erhält man, wenn man die beiden gleichen Kräfte vertauscht; es ergeben sich dann folgende vier gleiche Kräfte und gleichartige Flächen:

$$\begin{array}{cc} b\bar{c}b & \bar{b}cb \\ \bar{b}cb & b\bar{c}b \end{array}$$

Die Gespate geben nicht mehr einfache geschlossene Gestalten, sondern nur Rombenflächen und Schichten. Alle geschlossenen Gestalten dieser Klasse sind aus einfachen Gestalten, welche gleichen Achsenverhältnissen angehören, zusammengesetzt.

Sechste Klasse: Die Eingespate oder das einzählige Krystallsystem.

Die drei Spatkräfte sind sämtlich ungleich und bilden schiefe Winkel mit einander. Bei dieser Klasse lassen sich gar nicht zwei Kräfte mit einander vertauschen und giebt es in der einfachen Gestalt nur zwei gleiche Kräfte:

$$\frac{bcd}{\overline{bcd}}$$

Die einfachen Gestalten der Klasse bilden Schichten. Die Zusammenfetzung der Gestalten bietet allein Mannigfaltigkeit und zeigt uns das Achsenverhältniss, welches sich in der einfachen Gestalt verbirgt. Die einzelnen Erscheinungen lassen sich leicht nach dem Vorbilde der andern Klassen entwickeln.

Vierte Abteilung: Die Ungespate oder Korngesteine.

Die vierte Klasse umfasst alle die Gesteine, bei denen die gegenüberliegenden Theilen nicht mehr gleichlaufende ebene Flächen mit gleichlaufenden Rändern darstellen und die einzelnen Gestalten sich also nicht mehr mit ihren geraden Flächen und Linien an einander anlegen und verwachsen können. Wir nennen eine solche unregelmässige Gestalt ein Korn, das Gestein demnach ein Korngestein oder ein Ungespat. Wir unterscheiden darin zwei Klassen, die mit grobem Korne und die mit feinem Korne.

Siebente Klasse: Die Grobkörnigen.

Die Gesteine zeigen beim Bruche noch stark hervortretende Ecken.

Achte Klasse: Die Feinkörnigen.

Die Gesteine zeigen beim Bruche eine gleichmässige Masse, in welcher man die einzelnen Körner nicht mehr unterscheiden kann.

26. Die Gesteinslehre oder Mineralogie.

Nachdem wir die Gestaltungen der Gespate kennen gelernt haben, müssen wir uns einen Ueberblick über die verschiedenen Gesteine schaffen, um beurteilen zu können, worin die verschiedenen Spatgestalten ihre Begründung haben. Ich gebe daher aus der Mineralogie einen Ueberblick über die chemische Zusammensetzung der Gesteine, ihre Härte und ihre Spatgestalten. Für die Einteilung der Gesteine lege ich die chemische Zusammensetzung zu Grunde. Ich beginne demnach mit den Grundstoffen oder den einfachen Stoffen, und lasse dann die einfach aus zwei Stoffen zusammengesetzten Stämme folgen. Beide Klassen bilden die Korbbälle, welche auch im luftförmigen Zustande bleiben. Ich gehe dann zu den aus drei Stoffen zusammengesetzten Salzen über und schliesse mit den aus vier und mehr Stoffen zusammengesetzten Doppelverbindungen. Die beiden letzten Klassen zerfallen beim Uebergange in den luftförmigen Zustand und bilden keine Korbbälle. Die Klassen der Gesteine sind demnach folgende:

Einfache Stoffe	{ Grundstoffe	{ Die einfachen Stoffe verbinden
Zusammengesetzte . .	{ Stämme	{ sich zu Korbbällen.
Ein- bis Dreigebinde {	Salze	{ Die zusammengesetzten Stoffe
Vielgebinde	Doppelverbindungen	{ verbinden sich zu Korbecken.

Hienach ergeben sich die Verhältnisse für die folgende Tafel. Das Gewicht von einem Korb des Wasserstoffes ist dabei 1.75 Quadrilliontel Gramm gesetzt.*

* Die Voraussetzung, dass ein Korb des Wasserstoffes 1,75 Quadrilliontel Gramm wiegt, ist nur als erste Annäherung zu setzen; sollte sich später dieser Wert näher bestimmen lassen und gleich a.1,75 Quadrilliontel Gramm ergeben, so bleiben die Zahlen in Spalte 1—3, 5—11, 15—16, 18—19 unverändert, sei in den anderen Spalten der in der Tafel aufgeführte Wert C, der richtige Wert B, so ist in Spalte 12 $B = aC$, in Spalte 4 $B = \frac{C}{a}$, in Spalte 13 $B = aC$, ebenso in Spalte 14 $B = aC$, in Spalte 17 $B = C \cdot (a)^{\frac{1}{2}}$.

T a f e l

über die Gesteine oder Mineralien.

Die Verhältnisse der Gesteins-Gespate.

Die Spalte 1 gibt die laufende Nummer, die Spalte 2 den üblichen Namen des Gesteins, die Spalte 3 das Raumgewicht des Gesteins, wie es sich durch Wägung ergibt (die mit * bezeichneten Werte sind durch Rechnung ermittelt). Die Spalte 4 ist durch Rechnung gefunden, wie wir bei der Berechnung der rechten Seite der Tafel sehen werden. Die Spalte 5 gibt die Härte des Gesteins. Die Spalten 6 bis 9 geben die Gespatsklasse, die Spaltgestalten und die Verhältnisse der Hauptkräfte für die Gespate.

Die Verhältnisse der Korbspate.

Die Spalte 10 gibt die laufende Nummer, die Spalte 11 die chemische Zusammensetzung des Korbspates aus einzelnen Körben, die Spalte 12 das Gewicht des Korbspates in Quadrilliontel Gramm. Dabei ist das Gewicht von 1 Korb Wasserstoff gleich 1,75 Quadrilliontel Gramm gesetzt und das Gewicht des Korbspates aus den Gewichten seiner Körbe berechnet.

Um die Spalte 13 berechnen zu können, ist zunächst die Spalte 4 berechnet. Sei S das Raumgewicht des Gesteingespates oder das Gewicht von 1 Würfelmillimeter in Tausendtel Gramm, sei G das Gewicht eines Korbspats in Quadrilliontel Gramm und N die Anzahl der Korbspate in einem Würfelmillimeter in Trillionen (Spalte 4), V der Rauminhalt eines Korbspates in Quadrilliontel Würfelmillimetern (Spalte 13). So ist

$$\frac{G \cdot N \cdot \text{Trillion}}{\text{Quadrillion}} = \frac{S}{1000}, \text{ mithin } N = \frac{S \cdot 1000}{G}; \quad \frac{V \cdot N \cdot \text{Trillion}}{\text{Quadrillion}} = 1, \text{ mithin } V = \frac{\text{Million}}{N}.$$


Die Spalte 14 berechnet sich durch Zufügung (Addition) des Rauminhaltes der in der Zusammenfassung enthaltenen Körbe. Die Spalte 15 gibt das Mehr des Rauminhaltes der Verbindung (Spalte 13), in Hunderteln des Rauminhaltes der einzelnen Körbe (Spalte 14).

Die Spalte 16 ist gleich der Spalte 6; die Spalte 17 ist nach den Formeln in Nummer 27 berechnet. Die Spalte 18 $\frac{b}{c}$ ist der umgekehrte Wert von $\frac{B}{C}$, also

$$\frac{b}{c} = \frac{C}{B}; \text{ ebenso ist } \frac{d}{c} \text{ und } \frac{c}{c} \text{ der umgekehrte Wert von } \frac{D}{C} \text{ und } \frac{E}{C}, \text{ also } \frac{d}{c} = \frac{C}{D} \text{ und } \frac{c}{c} = \frac{C}{E},$$

nur bei den Sechsgespäten ist $\frac{d}{c} = 0,866 = \sqrt{\frac{3}{4}}$ gesetzt, während in Spalte 9 die drei Randachsen einander gleichgesetzt sind und D gar nicht berechnet ist.

Die Verhältnisse der Gesteinsgespate.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
N ^o .	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1  mm. Tril- lonen.	Härte.	Gespat- klasse.	Gespat-Gestalten.	Kräfte.	
							B	D
							C	C

Erste Klasse: Grundstoffe.

Erste Ordnung: Bilder.

1	Fluss							
2	Chlor	3,442 ^h	27,71					
3	Brom	5,67 ^t	20,235					
4	Jod	4,55	11,136		4	432	1,5	0,75
5	Saur(stoff)	4,311 ^h	76,98					
6	Schwefel	2,07	18,48	2	4	111 × 101, 100	0,5274	1,2345
7	Selen	4,250	15,326					
8	Tell	6,3	14,062	2—3	6	1121, 0110, 1000	0,7517	
9	Stick(stoff)	3,40	69,40					
10	Phosphor	1,84	8,471		24	111, 110		
11	Arfen	5,8	11,048	3—4	6	2110 × 1000, 2330	0,7127	
12	Spies	6,715	15,726	3—4	6	2111 × 1000, 2110, 1220, 4110	0,7655	
13	Kohle	3,55	84,552	10	24	111, 110, 210		
14	Wass(erstoff) . . .	0,6284 ^h	179,53					

Zweite Ordnung: Kiefe.

15	Bor	2,65	69,61	10	8	111		
16	Kiesel	2,49	25,11		24			
17	Titan	5,3	30,29	6—7	24	100		
18	Tantal							
19	Niob							
20	Chrom	6,8	37,36					
21	Vanad	5,5	30,64					
22	Mol	8,6	25,60					
23	Scheel	17,5	27,17					

Dritte Ordnung: Erze.

24	Gold	20,689	30,00	2—3	24	111, 100, 110, 311, 210		
25	Silber	10,6	28,04	2—3	24	100, 111, 110, 311, 210, 410		
26	Queck	15,6	44,57		24	111		
27	Platin	21,7	31,41	5—6	24	100, 111 × 100		

Die Verhältnisse der Korbspate.

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
No.	Zusammensetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Gespatzklasse.	Hauptstützen des Korbspates		
			Verbin- dung.	einzel- nen Körbe.			c Million- tel mm.	b c	d c
		Quadril- liontel Gr.	Quadril- liontel (mm) ³ .	Quadril- liontel (mm) ³ .	Hunder- tel mehr.				

Erste Klasse: Grundstoffe.

Erste Ordnung: Bilder.

1	F ₂	66.5	11'600	11'600	0				
2	Cl ₂	124.2	36'086	36'086	0				
3	Br ₂	280	49'370	49'370	0				
4	J ₂	444.5	89'800	89'800	0	4	0,4657	0,6667	1,8333
5	O ₂	56	12'990	12'990	0				
6	S ₂	112	54'110	54'110	0	4	0,3278	1,8961	0,8100
7	Se ₂	277.9	65'250	65'250	0				
8	Te ₂	448	71'110	71'110	0	6	0,4979	1,3303	0,866
9	N ₂	49	14'410	14'410	0				
10	P ₄	217	117'940	117'940	0	24	0,4904	1	1
11	As ₄	525	90'520	90'520	0	6	0,5301	1,4031	0,866
12	Sb ₂	427	63'590	63'590	0	6	0,4826	1,3063	0,866
13	C ₂	42	11'830	11'830	0	24	0,2279	1	1
14	H ₂	3.5	5'570	5'570	0				

Zweite Ordnung: Kiefe.

15	B ₂	38.5	14'366	14'366	0	8			1
16	Si ₂	98	39'360	39'360	0	24	0,3402	1	1
17	Ti ₂	175	33'020	33'020	0	24	0,3208	1	1
18	Ta ₂	637							
19	Nb ₂	329							
20	Cr ₂	182	26'760	26'760	0				
21	V ₂	179.5	32'640	32'640	0				
22	Mo ₂	336	39'070	39'070	0				
23	W ₂	644	36'800	36'800	0				

Dritte Ordnung: Erze.

24	Ant ₂	689.5	33'330	33'330	0	24	0,3218	1	1
25	Ag ₂	378	35'660	35'660	0	24	0,3201	1	1
26	Hg ₁	350	22'440	22'440	0	24	0,2821	1	1
27	Pt ₁	690.9	31'840	31'840	0	24	0,3170	1	1

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 $\frac{1}{16}$ mm. Tril- lionen.	Härte.	Gespatsklassc.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							$\frac{B}{C}$	$\frac{D}{C}$
28	Rodium.....	12.1	33.115					
29	Irid	23.46	33.45	6—7	24	111 × 100		
30	Osmium	22.477	32.24	7	24	100		
31	Pallad	11.4	31.63	5	24	111 × 100		
32	Ruthen	11.4	33.43	7—8	24	111		
33	Bismut	9.4	13.46	2—3	6	1000, 1220, 2110	0.5665	
34	Blei	11.4	15.735	1—2	24	111		
35	Thall	11.86	16.61					
36	Kupfer.....	8.952	40.29	3	24	111, 100, 110, 311, 210, 520		
37	Uran	18.4	43.81					
38	Zinn	7.29	17.65	2	8	111, 011, 110, 133, 130, 010	2.3029	
39	Kad	8.6	43.88		24			
40	Gall	5.93	24.27		24	111		
41	Ind	7.3	27.80					
42	Kobalt.....	8.5	41.30					
43	Nickel	9.2	44.70					
44	Eisen	8.0	40.82	5—6	24	111, 100		
45	Mangan.....	7.2	37.40					
46	Zink	7.2	63.10	3	24	111		
47	Cer	5.5	17.08					
48	Lanthan							
49	Didym.....							

Vierte Ordnung: Griesen.

50	Ytter							
51	Erb							
52	Thor	7.73	9.541					
53	Zirkon.....	4.15	13.23					
54	Beryll	2.1	64.62					
55	Thon	2.67	27.54					
56	Talk	1.743	20.75					
57	Kalk	1.577	11.264					
58	Strontium	2.54	8.295					
59	Barium	4.00	8.342					
60	Lithium	0.593	24.20					
61	Natrium	0.972	12.074					
62	Kalium	0.865	6.337		24	100		
63	Rubid	1.52	5.085					
64	Caesium							

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
No.	Zusammenfetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Gespatzklasse.	Hauptstützen des Korbspates		
		Quadril- liontel Gr.	Verbin- dung. Quadril- liontel 'mm ³ .	einzel- nen Körbe. Quadril- liontel 'mm ³ .			c Million- tel mm.	b c	d c
28	R ₂	365. ₄	30'200	30'200	0				
29	Ir ₂	693	29'540	29'540	0	24	0. ₃₀₉₁	1	1
30	Os ₂	697. ₂	31'020	31'020	0	24	0. ₃₁₄₂	1	1
31	Pd ₂	373. ₁	31'620	31'620	0	24	0. ₃₁₆₂	1	1
32	Ru ₂	365. ₄	30'610	30'610	0	24	0. ₃₁₂₈	1	1
33	Bi ₂	728	74'285	74'285	0	6	0. ₅₀₈₆	1. ₃₀₄₁	0. ₈₆₆
34	Pb ₂	724. ₅	63'550	63'550	0	24	0. ₃₈₉₁	1	1
35	Tl ₂	714	60'200	60'200	0				
36	Cu ₂	222. ₂	24'820	24'820	0	24	0. ₂₉₁₇	1	1
37	U ₂	420	22'826	22'826	0				
38	Sn ₂	413	56'650	56'650	0	8	0. ₃₂₇₆	0. ₃₅₃₇	1
39	Cd ₁	196	22'790	22'790	0	24	0. ₂₇₀₈	1	1
40	Ga ₂	244. ₃	41'200	41'200	0	24	0. ₃₄₅₄	1	1
41	In ₂	262. ₆	35'970	35'970	0				
42	Co ₂	205. ₈	24'210	24'210	0				
43	Ni ₂	205. ₈	22'370	22'370	0				
44	Fe ₂	196	24'500	24'500	0	24	0. ₂₉₀₁	1	1
45	Mn ₂	192. ₅	26'740	26'740	0				
46	Zn ₁	114. ₁	15'850	15'850	0	24	0. ₂₅₁₂	1	1
47	Ce ₂	322	58'550	58'550	0				
48	La ₂	322							
49	Di ₂	336							

Vierte Ordnung: Griesse.

50	Y ₂	216							
51	Er ₂	394. ₁							
52	Th ₂	810. ₂	104'810	104'810	0				
53	Z ₂	313. ₆	75'570	75'570	0				
54	Be ₂	32. ₅	15'476	15'476	0				
55	Al ₂	95. ₉	35'920	35'920	0				
56	Mg ₂	84	48'190	48'190	0				
57	Ca ₂	140	88'780	88'780	0				
58	Sr ₂	306. ₂	120'550	120'550	0				
59	Ba ₂	479. ₅	119'870	119'870	0				
60	L ₁	24. ₅	41'320	41'320	0				
61	Na ₂	80. ₅	82'820	82'820	0				
62	K ₂	136. ₅	157'800	157'800	0	24	0. ₃₄₀₁	1	1
63	Rb ₂	298. ₉	196'650	196'650	0				
64	Cs ₂	465. ₅							

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 $\frac{1}{2}$ Zoll. Teil- honen.	Härte.	(Gespats- klasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							$\frac{B}{C}$	$\frac{D}{C}$

Zweite Klasse: Stämme.

Erste Ordnung: Gleichstämme.

65	Hornerz	5.5	21,505	1.3	24	100.111.110		
66	Bromfilber	6.3	19,15	1.5	24	100.111		
67	Jodfilber	5.5	13,13	1.5	24			
68	Steinfalz	2,2a	21,97	2	24	100.111		
69	Salmiak	1.6	22,28	1.5	24	111.110.211		
70	Kadoxyd	3,1	36,16		24	111		
71	Periklas	3,7	52,86	6	24	111 \times 100		
72	Bleiglanz	7.5	17,93	2.5	24	100.111.110.221.311 pp.		
73	Selenblei	8.8	17,55	2.5	24	100.111.110.221.311 pp.		
74	Manganblende	4.0	26,28	4	24	110		
75	Blende	4.0	23,52	3.5	24	110. $\frac{1}{2}$ (111). 100.311.210. 410 pp.		
76	Hornqueck	6.5	7,886	1.5	8	010.111		
77	Kupferkies	4.2	13,08	3.7	8	$\frac{1}{2}$ (111). $\frac{1}{2}$ (122). $\frac{1}{2}$ (221). 110	1.015	
78	Zinkoxyd	5.5	38,71	4	6	0111 \times 1110 \times 2121		
79	Zinnober	8.0	19,70	2.3	6	0110.1000.1110.2110.4110	0.4359	
80	Greenockit	4.8	31,78	3.5	6	0111		
81	Nickelkies	5.5	34,61	3.5	6	0111		
82	Kupfernickel	7.6	32,45	5	6	0111		
83	Nickelspies	7.5	23,70	5	6	0111		
84	Iridosmium	19,47	28,01	7	6	0110 \times 1000 \times 1110		
85	Rauschrot	3.5	18,686	1.5	2	110.101	2,0557	0,7595
							$\frac{E}{C} = 1.0263$	

Zweite Ordnung: Zweierstämme.

86	Wasser	1.0	31,746		24			
87	Rotkupfererz	6.0	23,98	3.5	24	111.110.510.100.331.120. 321		
88	Glaserz	7.2	16,59	2.5	24	100.111.110.112		
89	Flussspat	3,18	11,935	4	24	100.111.110.120.113.221. 441.421 pp.		
90	Ilauerit	3,46	16,61	4.5	24	111.110. $\frac{1}{2}$ (210). $\frac{1}{2}$ (321)		
91	Schwefelkies	5.0	23,81	6	24	$\frac{1}{2}$ (210) 100.111.110.321		

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Nr.	Zusammenfetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Verbin- dungs- klasse.	Hauptstützen des Korbspates		
		Quadril- liontel Gr.	Verbin- dung. Quadril- liontel (mm) ³ .	einzel- nen Körbe. Quadril- liontel (mm) ³ .			c Million- tel mm.	b c	d c

Zweite Klasse: Stämme.

Erste Ordnung: Gleichstämme.

65	AgCl	251 _{,1}	46'500	35'873	+29 _{,62}	24	0 _{,3396}	1	1
66	AgBr	329 _{,0}	52'220	42'475	+22 _{,94}	24	0 _{,3738}	1	1
67	AgJ	411 _{,3}	76'170	53'730	+41 _{,76}	24	0 _{,4239}	1	1
68	NaCl	102 _{,4}	45'510	59'453	-23 _{,43}	24	0 _{,3370}	1	1
69	NH ₄ Cl	71 _{,8}	44'870	36'388	+23 _{,31}	24	0 _{,3553}	1	1
70	CdO	224	27'650	29'285	-5 _{,58}	24	0 _{,3024}	1	1
71	MgO	70	18'920	30'590	-38 _{,15}	24	0 _{,2665}	1	1
72	PbS	418 _{,3}	55'770	58'830	-5 _{,20}	24	0 _{,3821}	1	1
73	PbSe	501 _{,3}	56'970	64'400	-11 _{,51}	24	0 _{,3816}	1	1
74	MnS	152 _{,2}	38'050	40'425	-5 _{,88}	24	0 _{,3363}	1	1
75	ZnS	170 _{,1}	42'520	42'905	-0 _{,90}	24	0 _{,3490}	1	1
76	Hg ₂ Cl ₂	824 _{,2}	126'800	80'966	+56 _{,61}	8			1
77	CuFeS ₂	321 _{,1}	76'450	78'770	-2 _{,91}	8	0 _{,4285}	0 _{,9552}	1
78	ZnO	142 _{,1}	25'840	22'345	+15 _{,64}	6			0 _{,866}
79	HgS	406	50'750	49'495	+2 _{,64}	6	0 _{,7994}	2 _{,2941}	0 _{,866}
80	CdS	152	31'670	49'845	-36 _{,56}	6			0 _{,866}
81	NiS	158 _{,9}	28'890	38'240	-24 _{,45}	6			0 _{,866}
82	NiAs	234 _{,2}	30'820	33'815	-8 _{,86}	6			0 _{,866}
83	NiSb	316 _{,4}	42'190	42'980	-1 _{,84}	6			0 _{,866}
84	IrOs	695 _{,1}	35'700	30'280	+17 _{,90}	6			0 _{,866}
85	AsS	187 _{,3}	58'510	49'685	+7 _{,69}	2	0 _{,4372}	0 _{,4565}	d c 1 _{,3166}
								$\beta = 4^0 14' \frac{c}{c}$	
								0 _{,9744}	

Zweite Ordnung: Zweierstämme.

86	H ₂ O	31 _{,5}	31'500	12'065	+161 _{,05}	24	0 _{,3158}	1	1
87	Cu ₂ (^c)	250 _{,2}	41'700	31'315	+33 _{,17}	24	0 _{,3468}	1	1
88	Ag ₂ S*	434 _{,0}	60'280	62'715	-3 _{,88}	24	0 _{,3921}	1	1
89	CaFe ₂	266 _{,0}	83'650	68'890	+21 _{,43}	24	0 _{,4373}	1	1
90	MnS ₂	208 _{,3}	60'200	67'480	-10 _{,73}	24	0 _{,3919}	1	1
91	FeS ₂ *	210 _{,0}	42'000	66'360	-36 _{,71}	24	0 _{,3176}	1	1

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 $\frac{1}{8}$ mm. Tril- lionen.	Härte.	Gespatsklasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							$\frac{B}{C}$	$\frac{D}{C}$
92	Nickelglanz	6,1	21,02	5,5	24	100.111 \times 210		
93	Nickelspeife . . .	7,1	19,43	5	24	100.111.110		
94	Kobaltglanz	6,2	21,364	5,5	24	210.100.111		
95	Kobaltspeife	6,5	17,79	5,5	24	221.210.211		
96	Zinnstein	6,97	26,55	6,5	8	111.110.011.010 032.132	1,4829	
97	Rutil	4,3	29,97	6	8	111.110 011.010.032	1,5524	
98	Anatas	3,97	27,67	5,5	8			
99	Wasser	1,0	31,746		6			
100	Quarz	2,65	25,24	7	6	1110.1121.1165	1,1	
101	Molybdänit	4,5	16,07	1,5	6			
102	Binarkies	4,88	15,84	7	4	011.301.100.110.(111)	0,839	1,327
103	Akanthit	7,2	16,59	2,5	4	011 \times 001.100.111 pp.	0,986	1,4344
104	Selenfilber	8,0	15,48	2,5	4			
105	Kupferglas	5,8	20,75	2,7	4	011 \times 001 \times 100.311.320.221	1,0265	1,7176
106	Kupferfilberglanz	6,2	8,705	2,8	4	011 \times 001 \times 100		
107	Queckchlorür . . .				4	011.111.101.100		
108	Bleichlorür				4			
109	Jodqueck				4			
110	Brookit	4,19	29,20	5,5	4	011.010.212.111	1,039	1,1556
111	Graumangan	4,9	32,20	2	4	011 \times 010 \times 001.100 101		
112	Eifenspeife	7,3	20,25		4	011 \times 101	0,5747	1,8203
113	Arfenkies	6,1	10,692	5,5	4	011 \times 401.111	0,54	1,4556

Dritte Ordnung: Dreierstämme.

114	Arfenige Säure .	3,6	10,390	2,5	24	111.110		
115	Senarmontit	5,3	10,372	2	24	111		
116	Eifenglanz	5,23	18,68	6	6	1110.1000.4110.3242. 0121.0110	0,7316	
117	Korund	4	22,28	9	6	1111 \times 1000.0121.3242	0,7344	
118	Rauschgelb	3,5	8,130	1,5	4	011 \times 111 \times 110.021.001		
119	Bismutglanz	6,5	7,254	2	4	011 \times 001 \times 100		
120	Antimonfilber . . .	9,8	16,57	3,5	4	011.010		
121	Weisspiesglanz . .	5,5	10,768	2	4	021.001.100.(111)		
122	Grauspiesglanz . .	4,6	7,731	2	4	011 \times 001 \times 100.111 \times 311 pp.	0,9756	1,0133

Vierte Ordnung: Vielstämme.

123	Magnetkies	4,84	4,092	4	6	1000.0110.1110	0,5747	
124	Selenqueck	7,27	2,601					

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
No.	Zusammenfetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Gespatzklasse.	Hauptstützen des Korbspates		
			Verbin- dung.	einzel- nen Körbe.			c	b	d
		Quadril- liontel Gr.	Quadril- liontel (mm) ³ .	Quadril- liontel (mm) ³ .	Hunder- tel mehr.		Million- tel mm.	c	c
92	NiSAs	290 ₂	47'570	60'870	-21 ₈₃	24	0 ₃₆₂₃	1	1
93	NiAs ₂	365 ₇₄	51'470	56'445	-8 ₈₁	24	0 ₃₇₂₀	1	1
94	CoSAs	290 ₂	46'810	61'790	-24 ₂₄	24	0 ₃₆₀₁	1	1
95	CoAs ₂	365 ₇₄	56'220	57'365	-1 ₉₉	24	0 ₃₈₃₁	1	1
96	SnO ₂	262 ₃₅	37'660	41'315	-8 ₈₅	8	0 ₃₈₂₂	0 ₆₇₄₄	1
97	TiO ₂	143 ₃₅	33'370	29'500	+13 ₁₂	8	0 ₃₇₂₈	0 ₆₄₄₂	1
98	TiO ₂	143 ₃₅	36'150	29'500	+22 ₅₄	8			1
99	H ₂ O*	31 ₃₅	31'500	12'065	+161 ₀₈	6			0 ₉₆₆
100	SiO ₂	105	39'620	32'670	+21 ₂₇	6	0 ₄₆₅₂	0 ₉₀₉₁	0 ₈₆₆
101	MoS ₂	280	62'220	73'645	-15 ₅₁	6			0 ₈₆₆
102	Fe ₂ S ₂	308 ₃₀	63'110	78'610	-19 ₇₂	4	0 ₄₁₂₇	1 ₁₉₁₉	0 ₇₅₃₆
103	Ag ₂ S	434 ₃₀	60'280	62'715	-3 ₈₈	4	0 ₄₄₀₅	1 ₀₁₁₅	0 ₆₉₇₂
104	Ag ₂ Se	516 ₃₉	64'610	68'285	-5 ₃₈	4			
105	Cu ₂ S	278 ₃₂	47'970	51'875	-7 ₅₃	4	0 ₄₃₉₀	0 ₉₇₄₁	0 ₅₈₂₂
106	Ag ₂ S + Cu ₂ S	712 ₃₂	114'870	114'590	+0 ₂₅	4			
107	HgCl ₂	474 ₃₂		58'526		4			
108	PbCl ₂	486 ₃₄		67'861		4			
109	HgJ ₂	794 ₃₅		112'240		4			
110	TiO ₂ *	143 ₃₅	34'250	29'500	+16 ₁₀	4	0 ₃₅₀₆	0 ₉₄₄₃	0 ₈₄₁₃
111	MnO ₂	152 ₃₂	31'060	26'360	+17 ₈₃	4			
112	FeAs ₂	360 ₃₅	49'380	57'510	-14 ₁₄	4	0 ₄₂₈₄	1 ₁₁₃₂	0 ₅₁₉₄
113	FeS ₂ + FeAs ₂	570 ₃₅	93'530	123'870	-24 ₄₉	4	0 ₁₈₄₃	1 ₁₉₀₃	0 ₆₉₁₈

Dritte Ordnung: Dreierstämme.

114	As ₂ O ₃	346 ₃₅	96'250	64'745	+48 ₆₆	24	0 ₄₅₈₃	1	1
115	Sb ₂ O ₃	511	96'410	83'075	+16 ₀₅	24	0 ₄₅₈₅	1	1
116	Fe ₂ O ₃	280	53'540	43'985	+21 ₇₂	6	0 ₄₄₈₉	1 ₃₆₆₉	0 ₉₆₆
117	Al ₂ O ₃	179 ₃₉	44'975	55'405	-18 ₈₃	6	0 ₄₂₄₁	1 ₃₆₁₇	0 ₉₆₆
118	As ₂ S ₃	430 ₃₅	123'000	126'425	-12 ₇₁	4			
119	Bi ₂ S ₃	896	137'850	155'450	-11 ₃₂	4			
120	Ag ₃ Sb	591 ₃₅	60'360	67'455	-10 ₅₂	4			
121	Sb ₂ O ₃ *	511	92'910	83'075	+11 ₈₄	4			
122	Sb ₂ S ₃	595	129'350	144'755	-10 ₆₄	4	0 ₅₀₄₃	1 ₃₂₁₈	0 ₉₈₆₉

Vierte Ordnung: Vielstämme.

123	Fe ₇ S ₈	1134	244'400	302'190	-19 ₁₂	6	0 ₆₈₇₁	1 ₇₄₀₀	0 ₈₆₆
124	Hg ₈ Se ₅	279 ₃₅	384'400	297'765	+29 ₁₀				

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Kü- geln in 1 Cmm. Tril- lionen.	Härte.	Gespats- klasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							B C	D C
125	Zucker.....				2	011.010.110.110.130.112		
126	Weinfäure	1,764	5,793		2	011.010.110.110.130.112		
127	Traubenfäure...	1,60	5,550		1			

Dritte Klasse: Salze.

Erste Ordnung: Dreierfalze.

128	Chlorf. Natron..				24	100.110.½(111).½(120)		
129	Bromf. Natron..				24	100.110.½(111).½(120)		
130	Buntkupfererz ..	5,40		3	24	100		
131	Salpeterf. Blei ..				24	111.100.½(210)		
132	Salpeterf. Baryt.				24	111.100.½(210)		
133	Salpeterf. Stron- tian				24	111.100.½(210)		
134	Tapiolit.....	7,37	8,162		8	111		
135	Pyrargyrit.....	5,55	6,135	2,3	6	{ 1110.0121.1000.½(0110) }	1,263	
136	Proustite.....	5,55	6,407	2,3	6	{ 2110.4132.8550 pp. }	1,235	
137	Kalkspat.....	2,7	15,328	3	6	1110 × 1000.0110.0121. 2110.4110.1220.1440		
138	Bitterspat	2,9	19,728	4	6		1,1703	
							1,233	
139	Dolomitspat ...	2,9	18,901	3,5	6	1110.1132.1220.2110	1,2016	
140	Spateifenstein ..	3,8	18,72	4	6	1110.2110.1132.3484	1,2246	
141	Manganspat	3,5	17,40	4	6	1110.2110.1132	1,204	
142	Galmei	4,45	27,35	5.	6	1110	1,23	
143	Natronfalpeter ..	2,1	14,12	2	6			
144	Silberkies	6,5		3,5	6			
145	Aragonit.....	2,945	16,83	3	4	111.011 × 001 × 011. 112 × 121 × 212 pp.	1,388	1,6943
146	Kohlenf. Talk ..				4	künstlich.		
147	Witherit	4,3	12,475	3,5	4	111.011 × 001 × 201	1,375	1,6909
148	Alstonit	3,6	13,85	4	4	011.122		
149	Strontianit	3,6	13,95	3,5	4	011 × 101.001.111.211	1,3446	1,6627
150	Weisbleierz	6,7	14,34	3,5	4	011 × 101.001.111.102	1,382	1,6394
151	Salpeter	1,9	10,75	2	4	011.001.102.111.101.201	1,426	1,697
152	Olivin	3,35	10,292	7	4	011.010.001.100.110	1,704	2,3866

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Nr.	Zusammensetzung.	Gew. wicht.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Gesamtklasse.	Hauptstützen des Korbspates		
			Verbin- dung.	einzel- nen Körbe.			e	b	d
		Quadril- liontel Gr.	Quadril- liontel (mm) ³ .	Quadril- liontel (mm) ³ .	Hunder- tel mehr.		Million- tel mm.	c	e
125	C ₁₂ H ₂₃ O ₁₁	598 ₅₃		203'695		2			
126	C ₄ H ₆ O ₆	304 ₅₃	172'620	79'340	+ 117 ₅₇	2			
127	C ₄ H ₆ O ₆	304 ₅₃	180'180	79'340	+ 137 ₁₀	1			

Dritte Klasse: Salze.

Erste Ordnung: Dreierfalze.

128	NaClO ₃	186 ₃		78'938		24	0,4290	1	1
129	NaBrO ₃	264 ₂		85'580		24	0,4407	1	1
130	nCu ₂ S + Fe ₂ S ₃					24		1	1
131	PbN ₂ O ₆	579 ₂		85'155		24	0,4400	1	1
132	BaN ₂ O ₆	456 ₇		113'315		24	0,4828	1	1
133	SrN ₂ O ₆	370 ₁		113'655		24	0,4844	1	1
134	FeTa ₂ O ₆	903	122'520			8			1
135	Ag ₃ Sb ₂ S ₃	953 ₅	163'000	166'450	- 2 ₀₇	6	0,7248	0,7918	0,866
136	Ag ₃ As ₂ S ₃	866 ₂	156'070	157'285	0 ₇₇	6	0,7642	0,8078	0,866
137	CaCO ₃	175	61'820	69'790	7 ₁₂	6	0,5596	0,8543	0,866
138	MgCO ₃	147	50'690	49'495	+ 2 ₁₁	6	0,5246	0,8110	0,866
139	Ca } Mg } CO ₃	161	55'520	59'643	- 6 ₉₁	6	0,5361	0,8322	0,866
140	FeCO ₃	203	53'420	37'650	+ 41 ₅₈	6	0,5326	0,8166	0,866
141	MnCO ₃	201 ₃	57'490	38'770	+ 48 ₂₈	6	0,5127	0,8306	0,866
142	ZnCO ₃	162 ₁	36'430	41'250	- 11 ₆₈	6	0,4708	0,8065	0,866
143	NaN ₃	148 ₇	70'810	66'810	+ 5 ₉₃	6			0,866
144	nAg ₂ S + Fe ₂ S ₃					6			0,866
145	CaCO ₃ ^z	175	59'420	69'790	- 14 ₈₆	4	0,5100	0,7205	0,8215
146	MgCO ₃ ^z	147		49'495		4			
147	BaCO ₃	344 ₅₇	80'160	85'335	- 6 ₀₆	4	0,5700	0,7273	0,5951
148	Ba } Ca } CO ₃	259 ₅₉	72'200	77'563	- 6 ₉₁	4			
149	SrCO ₃	258 ₁₁	71'700	85'675	- 16 ₃₁	4	0,5432	0,7437	0,6014
150	PbCO ₃	467 ₃₂	69'730	57'175	+ 21 ₉₀	4	0,5106	0,7236	0,6100
151	KNO ₃	176 ₇	93'000	105'590	- 11 ₉₂	4	0,6083	0,7013	0,5893
152	Mn ₂ SiO ₃	325 ₅	97'170	65'905	+ 47 ₁₁	4	0,7338	0,5869	0,4190

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 $\frac{1}{16}$ mm. Tril- lonen.	Härte.	Gespatsklasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							B C	D C
153	Rot Blutlaugen- falz				4	011 001 111, 110		
154	Columbit	6.3	8.121	6	4	010 001.100.011.021.013.313	1.139	1.206
155	Tantalit	5.95	7.560	5	4	111 101 121.010 001 103	1.534	1.2243
156	Querspiesglanz	5.6	2.611	2	4	011 \times 001 \times 100		
157	Chiolit	2.9	4.710	4	4	111		
158	Weinstein				4	011 001 010 $\frac{1}{2}$ (111)		
159	Barytocecit	3.7	14.236	4	2	011 \times 013 \times 110		
160	Chlorfaures Kali				2	011, 110		
161	Augit, Wr.	3	16.707	5	2	011 010.001.112	3.384	$\frac{E}{C} = 163.4$
162	Boulangerit	6.0	3.244	3	2	011 \times 010		
163	Melanochroit.						0.117	$\frac{E}{C} = 68.19$
	Hern.	5.73	3.791	3.5	2			
164	Vauquelinit.							
	Berz.	6.30	4.726	2.5	2	110 100.101		
165	Rotspiesglanz	4.5	2.935	1.5	2			
166	Sassolin	1.75	7.583	1	1			
167	Kryolith	2.93	4.006	3	1	110 001.101.101 pp.		

Zweite Ordnung: Vierfälsze.

168	Magneteisen	5.15	24.157	6	24	111.110.211.321.311.221.120		
169	Uranpfecherz	6.46	8.706	5.5	24	111.100		
170	Spinell	3.5		8	24	111.311.211		
171	Kobaltkies	4.39	9.199	5.5	24	111.100		
172	Scharfmangan	4.5	11.976	5	8	111 \times 100.110.311	0.7514	
173	Zirkon	4.68	22.741	7.5	8	111.011.001.133.122	1.581	
174	Tungstein	6.02	11.945	4.5	8	111.110.100.311.210.131	0.651	
175	Scheelbleierz,							
	Breith.	8.1	10.172	3	8	111 \times 011.110.122. $\frac{1}{2}$ (012)		
176	Gelbbleierz, Wr.	6.39	10.743	3	8	111 \times 100.011.012.311	0.7636	

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Nr.	Zusammensetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Gespatzklasse.	Hauptstützen des Korbspates		
		Quadril- lontel Gr.	Verbin- dung.	einzel- nen Körbe.			c Million- tel mm	$\frac{b}{c}$	$\frac{d}{c}$
		Quadril- lontel (mm) ³ .		Quadril- lontel (mm) ³ .	Hunder- tel mehr.				
153	6 KCN + Fe ₂ (CN) ₆	673 ₅		339'920		4			
154	Fe { Nb ₂ } O ₆ Mn { Ta ₂ }	748 ₁	118'750			4	0.5161	0.8780	0.5292
155	Fe { Ta ₂ } O ₆ Mn { Nb ₂ }	748 ₁	127'280			4	0.6205	0.6519	0.5165
156	Pb ₃ Sb ₂ S ₆	2144 ₈	383'000	466'000	-17 ₃₁	4			
157	Na ₃ Al ₄ F ₉	611 ₈	210'960			4			
158	KC ₄ H ₅ O ₆	329 ₀		155'455		4			
159	Ba { CO ₃ } Cr { }	259 ₉	70'240	77'563	-9 ₃₁₁	2			
160	KClO ₃	214 ₁		116'428		2			
161	RSiO ₃ R = Ca, Al, Fe, Mn	209 ₅	59'860	86'217	-30 ₃₇	2	0.5771	$\frac{0.2855}{0.020} = 14.275$	$\frac{1.0519}{0.00612} = 173.25$
162	Pb ₃ Sb ₂ S ₆	1849 ₅	308'300	321'245	-4 ₃₀₃	2	0.5611	$\frac{8.517}{2.020} = 4.216$	$\frac{0.36}{0.01167} = 30.85$
163	Pb ₃ Cr ₂ O ₉	1520 ₈	264'480	180'540	+46 ₃₁₉	2			
164	2 Pb { Cr ₂ O ₉ } Cu { }	1269 ₆	211'600	161'175	+31 ₂₉	2			
165	2 Sb ₂ S ₃ + Sb ₂ O ₃	1533 ₀	340'670	372'585	-8 ₅₇	2			
166	H ₆ BO ₆	197 ₈	131'870	62'863	+109 ₇₆	1			
167	Na ₆ Al ₂ F ₁₂	736 ₄	249'630			1			

Zweite Ordnung: Vierfalze.

168	Fe ₃ O ₄	211 ₅	40'890			24		1	1
169	U ₃ O ₄	712 ₀	114'860	60'219	+90 ₇₁	24	0.5461	1	1
170	RR' ₂ O ₄ *					24		1	1
171	(Co, Ni) ₂ S ₄	592 ₇	108'710	143'155	-24 ₃₀₆	24	0.5173	1	1
172	Mn ₂ O ₃	400 ₈	83'500	66'090	+26 ₃₁	8	0.5113	1.1715	1
173	ZrSiO ₄	205 ₈	43'970	83'445	-47 ₃₁	8	0.51091	0.6106	1
174	CaWO ₄	504 ₀	83'720	88'770	-5 ₆₉	8	0.3791	1.5361	1
175	PbWO ₄	796 ₃	98'810	76'155	+29 ₃₀₉	8			1
176	PbMoO ₄	642 ₃	93'090	77'290	+20 ₄₄	8	0.3988	1.5723	1

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 Zmm. Tril- lionen.	Härte.	Gespatsklasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							$\frac{B}{C}$	$\frac{D}{C}$
177	Phosphorfaure							
	Yttererde	4.5	6.555	4	8	111.011		
178	Fergusonit	5.94	6.630	5.5	8	130.113.100	0.6663	
179	Phenakit	2.98	15.401	7.5	6	0011.0121.1132	1.515	
180	Diopas, Haüy . . .	3.2	11.611	5	6	0110.1121.1132.1134	0.9355	
181	Anhydrit	2.9	12.155	3	4	001.100.010.111.121.131		
182	Schwerspat	4.45	10.956	3.5	4	011.100.001.010.210	0.5618	1.2256
183	Cölestin	3.9	12.146	3	4	011.100.101.210	0.7957	1.2799
184	Vitriolblei, Wr.	6.4	12.068	3	4	100.011.101.210.010.001	0.771	1.273
185	Bleifulphatocar- bonat	7.0	13.894	2	4	011.001.100.110.101		
186	Schwefelf. Kali . .	2.7	8.867	2.5	4	011.001.111.102	1.34	1.746
187	Schwefelf. Natron .	2.7	10.865	3	4	111.001.311		
188	Selenf. Natron . .				4	111.001.311		
189	Schwefelf. Silber				4	111.001.311		
190	Selenf. Silber . .				4	111.001.311		
191	Brauneisen	4.4	14.125	5	4	021 × 001.111 × 011	1.615	1.0586
192	Braunmangan . . .	4.3	13.961	4	4	011 × 001 × 100.101.032	1.8311	1.1847
193	Sprödglasserz . . .	6.27	4.333	2.3	4	011 × 001.100.111	1.42	1.3894
194	Manganf. Baryt . .				4	111.001.311		
195	Chrysoberyll . . .	3.7	5.625	8.5	4	011 × 010 × 001.101.111	1.724	2.1267
								1.0665
196	Rotbleierz	6.0	10.614	2.5	2	110.111.301.001	1.09	$\frac{E}{C} = 1.791$
197	Wolframit	7.3	13.745	5.5	2	011 × 001.010.021		
198	Miargyrit	5.3	5.151	2.3	2	100 × 010.111 × 110 × 310		
199	Zinkenit	5.3	5.230	3.5	2			

Dritte Ordnung: Fünffalze.

200	Endialyt, Weiss . .	2.9		5	6	0110.0121.0122.2110	0.77	
201	Andalufit	3.17	11.127	7.3	4	011 × 100.110	1.3215	1.0151
202	Gadolinit	4.33		6.7	4			
203	Düfrenoyfit	5.55	4.380	1.5	4	011.111 × 100	0.634	1.0661
204	Titanit	3.6	5.195	5.5	2			
205	Cyanit, Wr.	3.7	12.959	7	1			

Vierte Ordnung: Vielfalze.

206	Plagiunit	5.4	1.62	3.5	2	111.100 × 100 × 122		
-----	---------------------	-----	------	-----	---	---------------------	--	--

10	11.	12	13.	14.	15.	16.	17.	18	19
No.	Zusammensetzung.	Ge- wicht. Quadril- liontel Gr.	Rauminhalt der Verbin- dung. Quadril- liontel (mm) ³ .	einzel- nen Körbe. Quadril- liontel (mm) ³ .	Verbin- dung. Hunder- tel mehr	Hespatklasse. Hespat- tel mm.	Hauptstützen des Korbspates c Million- tel mm.	b c	d c
177	$Y_3P_2O_3$	656. ₅	145'890			8			1
178	$Y_3Nb_2O_3$	877. ₀	150'170			8	0.4652	1.5008	1
179	Be_2SiO_4	193. ₅	64'030	61'136	+ 6. ₂₁	6	0.6102	0.6601	0.866
180	Il_2CaSiO_4	275. ₆	86'130	63'640	+ 35. ₃₄	6	0.5715	1.0655	0.866
181	$CaSO_4$	238. ₀	82'070	97'425	- 15. ₇₆	4			
182	$BaSO_4$	407. ₅	91'030	112'970	- 19. ₅₂	4	0.4399	1.3127	0.8146
183	$SrSO_4$	321. ₁	82'330	113'310	- 27. ₃₁	4	0.4377	1.2571	0.7813
184	$PbSO_4$	530. ₃	82'860	84'810	- 2. ₃₀	4	0.4338	1.2920	0.7853
185	$Pb \left\{ \begin{array}{l} SO_4 \\ CO_3 \end{array} \right.$	503. ₅	71'970	70'993	+ 1. ₃₇	4			
186	K_2SO_4	304. ₅	112'780	210'835	- 46. ₅₁	4	0.6414	0.7463	0.5727
187	Na_2SO_4	248. ₅	92'040	135'855	- 32. ₂₅	4			
188	Na_2SeO_4	331. ₅		141'425		4			
189	Ag_2SO_4	546. ₀		88'695		4			
190	Ag_2SeO_4	629. ₀		94'265		4			
191	$Il_2Fe_2O_4$	311. ₅	70'800	56'050	+ 23. ₃₁	4	0.5027	0.6068	0.9156
192	$Il_2Mn_2O_4$	308. ₀	71'630	58'290	+ 22. ₄₈	4	0.5380	0.5448	0.9111
193	Ag_3SbS_4	1382. ₅	220'490	229'165	- 3. ₅₀	4	0.7906	0.6851	0.6291
194	$BaMn_2O_3$	656. ₃		138'635		4			
195	$Be_2Al_6O_{12}$	656. ₂	177'350	201'176	- 11. ₈₁	4	0.8663	0.5900	0.4704
196	$PbCrO_4$	565. ₃	94'220	71'135	+ 32. ₁₅	2	0.4785	0.9171 $\beta = 120'33'$	0.9376 $\frac{c}{c} = 0.2097$
197	$(Fe,Mn)WO_4$	531. ₀	72'740	70'000	+ 3. ₉₁	2			
198	$Ag_2Sb_2S_4$	1029. ₀	194'150	207'470	- 6. ₄₂	2			
199	$PbSb_2S_4$	1013. ₃	191'190	203'585	- 6. ₀₉	2			

Dritte Ordnung: Fünffalze.

200	$RSi_2O_5 + nRZr_2O_3$					6			
201	Al_2SiO_5	284. ₉	89'870	88'075	+ 2. ₀₁	4	0.5065	0.7019	0.9551
202	R_3SiO_5					4			
203	$Pb_3As_2S_5$	1267. ₀	228'290	244'085	- 6. ₁₇	4	9.5115	1.3301	0.9350
204	$CaSi_2O_3 + CaTi_2O_3$	693. ₀	192'500	226'110	- 14. ₄₆	2			
205	Al_2SiO_5	284. ₉	77'000	88'075	- 12. ₅₇	1			

Vierte Ordnung: Vielfalze.

206	$Pb_4Sb_6S_{13}$	3158. ₀	640'380	669'585	- 4. ₃₆	2			
-----	------------------	--------------------	---------	---------	--------------------	---	--	--	--

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Nr.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 Cmm. Thei- lchen.	Härte.	Gespatsklasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							B C	D C

Vierte Klasse: Doppelgebirge.

Erste Ordnung: Doppelbafen.

207	Lafurstein	2.96	5.939	5.5	24	110		
208	Leucit	2.55	3.271	6	24	112		
209	Granat	4.3		7.5	24	110, 100, 111		
210	Skapolith	2.6	1.154	5.7	8	011, 013, 113 pp.	2.273	
211	Vesuvian. Wr.	3.15	0.865	6.5	8	111, 100, 011, 010, 110, 013, 113	1.861	
212	Nephelin	2.7	5.129	5.7	6	0111, 0110	1.182	
213	Tourmalin	3.3		6.7	6	0011, 1000, 0011, 0121 pp.	2.2533	
214	Beryll	2.7	2.864	7.7	6	0011, 0121, 1110, 1121	2.0037	
215	Datolith	3.0	10.711	5.3	4	011, 110, 100	0.7962	0.7900
216	Prehnit, Wr.	2.9	4.011	6.3	4	111, 102		
217	Lievrit, Wr.	4.0	1.177	5.7	4	110, 012	2.193	1.665
218	Dichroit	2.50		7.5	4	011, 111, 010, 001	1.678	1.931
219	Epidot, Hy.	3.5	1.554	6.5	4	010, 011	4.32	0.7095
220	Staurolith	3.74	1.396	7.5	4	011 × 001 × 100, 110, 010	1.5	2.2213
221	Hornblende	3.2		5.5	2	011, 001, 110, 112	6.803	$\frac{E}{C} = 130.8$
222	Glimmer			2.5	2			
223	Euklas	3.0	5.883	7.5	2	011, 001, 100, 021		
224	Orthoklas (Feld- spat)	2.59	2.615	6	2	110, 001, 011	3.5945	$\frac{E}{C} = 83.61$
225	Glimmer II.			2.5	2			
226	Orthit	3.6		6	2			
227	Anorthit (Feld- spat)	2.55	5.299	6	1	110, 001, 011		
228	Albit (Feldsp.)	2.55	2.508	6	1	110, 001, 011		
229	Axinit, Hy.	3.2		6.5	1			

Zweite Ordnung: Doppelfalze.

230	Sodalith	2.29	1.317	5.5	24	110		
231	Boracif. Wr.	2.355	1.981	7	24	100, 110, 1 (111), 112, 210		
232	Hornblei, Karsten	6.3	6.600	2.5	8	010, 100, 111, 011, 012, 112, 188	0.0193	

10	11.	12.	13.	14.	15	16	17	18	19
	Zusammensetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der Verbin- dung.	einzel- nen Körbe.	Verbin- dung.	Gie- putz- klasse.	Hauptstutzen des Korbspates:		
		Quadril- lontel (Gr.	Quadril- lontel (mm) ³ .	Quadril- lontel (mm) ³ .	Hunder- tel mehr		c Million- tel mm	b c	d c

Vierte Klasse: Doppelgebäude.

Erste Ordnung: Doppelbäfen.

207	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	498 ₇₁	168'380	210'060	- 19 ₈₁	24	0 ₀₀₂₂	1	1
208	$\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	764 ₇₁	305'750	350'380	- 12 ₇₁	24	0 ₆₇₃₇	1	1
209	$\text{R}_3\text{R}'_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ *					24		1	1
210	$\text{Ca}_6\text{Al}_8\text{Si}_9\text{O}_{36}$	2252 ₆	866'400	880'000	- 1 ₅₁	8	1 ₂₃₃₃	0 ₁₁₀₀	1
211	$\left. \begin{matrix} \text{Ca}_{15} \\ \text{Mg}_{15} \end{matrix} \right\} \left. \begin{matrix} \text{Al}_8 \\ \text{Fe}_8 \end{matrix} \right\} \text{Si}_{15}\text{O}_{60}$	4006 ₅	1151'430	1422'105	- 9 ₀₃	8	1 ₂₅₉₂	0 ₅₃₈₆	1
212	$(\text{Na},\text{K})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	526 ₇₁	194'970	247'550	- 21 ₂₁	6	0 ₈₁₀₁	0 ₅₁₆₀	0 ₈₆₆
213	$(\text{R}_2\text{SiO}_3, \text{R}'_2\text{SiO}_3) + n\text{R}'_2\text{SiO}_3$					6		0 ₅₁₃₅	0 ₈₆₆
214	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{15}$	942 ₇₆	349'120	294'124	+ 18 ₇₀	6	1 ₁₇₃₈	0 ₃₉₅₆	0 ₈₆₈
215	HCaBSiO_5	280 ₇₆	93'330	106'513	- 12 ₃₅	4	0 ₃₉₈₇	1 ₂₆₆₀	1 ₂₆₅₈
216	$\text{H}_2\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	722 ₇₁	249'100	267'250	- 6 ₇₉	4			
217	$6\text{R}_2\text{SiO}_4 + \text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ *	2709 ₆	677'250	711'000	- 4 ₇₅	4	1 ₂₆₁₀	0 ₄₀₀₉	0 ₈₅₇
218	$2\text{MgAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6, \text{Mg}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$					4		0 ₅₉₀₀	0 ₅₁₉
219	$\text{Ca}_6\text{Al}_8\text{Si}_9\text{O}_{36}$	2252 ₆	643'600	820'960	- 21 ₆₀	4	1 ₂₇₁₆	0 ₂₉₁₅	1 ₃₁₁₃
220	$\text{Fe}_3\text{Al}_{16}\text{Si}_7\text{O}_{12}$	2678 ₂	716'100	746'910	- 4 ₁₃	4	1 ₅₃₁₆	0 ₆₆₆₇	0 ₅₁₉
221	$n\text{RSiO}_3 + \text{R}'_2\text{O}_3$ *					2		0 ₁₁₇₀	0 ₅₂₆₁
222	$\left. \begin{matrix} \text{H}_2 \\ \text{K}_2 \end{matrix} \right\} \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	487 ₃₉		168'082		2		0 ₁₁₇₀	0 ₅₂₆₁
223	$\text{H}_2\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$	509 ₃₉	169'970	161'276	+ 5 ₃₉	2		0 ₂₇₇₉	0 ₈₉₁₄
224	$\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$	974 ₇₁	377'680	415'720	- 9 ₁₅	2	1 ₃₁₉₇	- 1'0'10'	- 0 ₀₁₂₀₃
225	$(\text{Li},\text{K},\text{Na})_2\text{FeAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$	1016 ₄		364'150		2			
226	$\text{R}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ *					2			
227	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$	487 ₃₉	189'110	171'630	+ 10 ₁₅	1			
228	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$	918 ₇₁	356'000	340'740	+ 4 ₃₈	1			
229	$\text{H}_2\text{R}_3\text{R}'_2\text{BSiO}_{16}$					1			

Zweite Ordnung: Doppelfalze.

230	$3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 2\text{NaCl}$	1699 ₃₉	742'300	749'086	- 0 ₉₀	24	0 ₉₀₃₄	1	1
231	$2\text{Mg}_3\text{B}_6\text{O}_{18} + \text{MgCl}_2$	1489 ₃₉	503'960	485'797	+ 3 ₇₃	24	0 ₇₉₅₈	1	1
232	$\text{PbCO}_3 + \text{PbCl}_2$	953 ₇₁	151'380	125'036	+ 21 ₀₇	8	0 ₅₁₈₃	1 ₀₈₇₃	1

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- gewicht.	Bälle in 1 Cmm. Theilen.	Härte.	Gespats- klasse.	Gespats-Gestalten.	Krafte.	
							B C	D C
233	Arfen. Bleierz . .	7.0	2.599	3.5	6	0110 1000, 1110, 1121, 0121	1.533	
234	Buntbleierz	7.0	2.780	3.5	6	0110, 1000, 1110, 1121 0121	1.535	
235	Vanadinbleierz . .	7.0	1.512	3	6	0110 1000, 1110, 1121, 0121		
236	Apatit	3.2	1.785	5	6	0110, 1000, 1110, 1121, 0121, 1220	1.566	
237	Salzkupfererz, Wr.	± 4	7.005	3.5	±	111		
238	Wavelit	2.5	0.391	3.5	±	011, 001, 110, 111, 112	2.665	1.95
239	Topas	3.6	1.872	8	±	011 100 012, 102	1.0391	1.593

Dritte Ordnung: Wasserfalze.

240	Würfelierz	3.0	3.005	2.5	24	100, 110, 111, $\frac{1}{2}$ (221)		
241	Ichthyophthalen .	2.1	6.963	± 5	8	111, 100, 010, 012	0.50012	
242	Blutaugenfalz, gelb				8	100, 111, 110, 010		
243	Kupferglimmer, Wr.	2.6	1.610	2.5	6	1111, 1000		
244	Thermonitrit . . .				±	011, 001, 102		
245	Galmei	3.35	8.034	5	±	011, 001, 110, 130 pp.	2.072	1.2745
246	Libethenit	3.7	± 577	4	±	111, 011, 101		
247	Olivenit	± 4	± 969	3	±	011, 101, 100, 001, 021, 111		
248	Unterschwefelf. Natron				±	011, 010, 110		
249	Skorodit	3.2	3.955	3.5	±	111, 011, 012, 010, 001		
250	Haidingerit				±	011, 001, 101, 210, 120, 140, 010, 142, 254		
251	Salpeterf. Uran- oxyd				±	111 × 101, 001, 010		
252	Struvit	1.57	3.975	2	±	110, 101, 100, 001	1.0913	1.7636
253	Nickelvitriol . . .				±	011, 001, $\frac{1}{2}$ (111)		
254	Bitterfalz	1.56	± 181	2.5	±	011, 001, $\frac{1}{2}$ (111)	1.57516	1.010
255	Zinkvitriol				±	011, 001, $\frac{1}{2}$ (111)	1.75	0.0703
256	Selenf. Talk				±	011, 001, $\frac{1}{2}$ (111)		
257	Selenf. Zink				±	011, 001, $\frac{1}{2}$ (111)		
258	Chromf. Talk . . .				±	011, 001, $\frac{1}{2}$ (111)		
259	Chromf. Zink . . .				±	011, 001, $\frac{1}{2}$ (111)		

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Zusammensetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der Verbin- dung.	einzel- nen Körbe.	Verbin- dung.	Ge- wichtsklasse.	Hauptstützen des Korbspates		
		Quadrat- lintonel Gr.	Quadrat- lintonel (mm) ³	Quadrat- lintonel (mm) ³	Hunder- tel mehr	Ge- wichtsklasse.	c Million tel mm	b c	d c
233	$3 \text{ Pb } \left. \begin{smallmatrix} \text{As}_2 \\ \text{P}_2 \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_8 + \text{PbCl}_2$	2801,7	400'240	489'121	+18,17	6	1,0721	0,7002	0,8066
234	$3 \text{ PbP}_2\text{O}_8 + \text{PbCl}_2$	2570,7	359'710	495'976	27,17	6	1,0110	0,7003	0,8066
235	$3 \text{ Pb}_3\text{V}_2\text{O}_8 + \text{PbCl}_2$	4957,2	708'170	607'636	+16,55	6			0,8066
236	$3 \text{ Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 + \text{Ca} \left. \begin{smallmatrix} \text{F}_2 \\ \text{Cl}_2 \end{smallmatrix} \right\}$	1792,38	560'250			6	1,2090	0,7321	0,866
237	$3 \text{ CuH}_2\text{O}_2 + \text{CuCl}_2$	628,11	142'750	141'406	+0,93	4			
238	$3 (\text{As}_2\text{P}_2\text{O}_7 + 18 \text{H}_2\text{O}) + \text{Al}_2\text{F}_6$	6391,7	2 550'700			4	1,1030	0,5752	0,5001
239	$5 \text{ Al}_2\text{SiO}_3 + \text{Al}_2\text{SiF}_{10}$	1901,9	534'240			4	1,0201	0,9531	0,5290

Dritte Ordnung: Wasserfalte.

240	$\text{Fe}_3\text{As}_2\text{O}_9 + 6 \text{H}_2\text{O}$	997	332'500	212'835	+56,21	24	0,6928	1	1
241	$\text{H}_2\text{CaSi}_2\text{O}_6 + 2 \text{H}_2\text{O}$	402,3	167'710	152'420	+10,03	8	0,5120	1,2499	1
242	$2 \text{ KCN} + \text{FeCN} + 3 \text{H}_2\text{O}$	465,3		245'605		8			1
243	$\text{Cu}_6\text{As}_2\text{O}_{11} + 12 \text{H}_2\text{O}$	1615,1	621'200	335'945	+84,91	6			0,866
244	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	217,0		120'285		4			
245	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	420,7	124'470	89'425	+39,19	4	0,6905	0,4820	0,5844
246	$\text{Cu}_4\text{P}_2\text{O}_9 + \text{H}_2\text{O}$	808,1	218,490	179'130	+21,97	4			
247	$\text{Cu}_3 \left. \begin{smallmatrix} \text{As}_2 \\ \text{P}_2 \end{smallmatrix} \right\} \text{O}_8 + \text{H}_2\text{O}$	885,1	201'230	172'790	+16,16	4			
248	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6 + 2 \text{H}_2\text{O}$	423,3		200'030		4			
249	$\text{Fe}_2\text{As}_2\text{O}_8 + 4 \text{H}_2\text{O}$	808,3	252'660	169'980	+48,64	4			
250	$\text{Ca}_2\text{As}_2\text{O}_7 + 3 \text{H}_2\text{O}$	693,0		215'700		4			
251	$\text{U}_2\text{N}_2\text{O}_8 + 6 \text{H}_2\text{O}$	884,0		161'586		4			
252	$(\text{NH}_4 + \text{Mg})\text{PO}_4 + 6 \text{H}_2\text{O}$	427,7	251'590	170'295	+47,73	4	0,7853	0,9163	0,5670
253	$\text{NiSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	491,74		148'675		4			
254	$\text{MgSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	430,3	239'170	161'585	+48,01	4	0,7507	0,5709	0,5901
255	$\text{ZnSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	445,33		158'340		4	0,6403	0,5714	1,0211
256	$\text{MgSeO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	513,1		167'155		4			
257	$\text{ZnSeO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	528,4		158'910		4			
258	$\text{MgCrO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	465,3		147'910		4			
259	$\text{ZnCrO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	480,3		139'665		4			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Nr.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 $\frac{1}{16}$ mm. Tril- lionen.	Härte.	Gespatsklasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							$\frac{B}{C}$	$\frac{D}{C}$
260	Euchroit, Breith.	3.4	2.883	3.5	4	110.001.011.010	0.5650	$\frac{E}{C} = 28.56$
261	Weinfaur. Kalk.				4	011.001.010. $\frac{1}{2}$ (111)		
262	Malachit	4.0	10.344	3.5	2	011.100.001.101		
263	Kupferlafur	3.6	5.973	3.5	2	011.100.111.101.211	0.5650	$\frac{E}{C} = 28.56$
264	Grünspan				2	011.001.110.132		
265	Gyps	2.3	7.641	2	2	111.001.010	0.645	$\frac{E}{C} = 104.30$
266	Trona	2.4	3.639	2.5	2			
267	Vivianit	2.6	2.960	2	2	011.001.010.150	1.0	$\frac{E}{C} = 87.03$
268	Kobaltblüte	3.0	2.865	2	2	011.001.010.150.158		
269	Hörnefit	2.47	2.557	1	2			
270	Phosphorkupfer- erz	4.2	3.565	4	2	011.010.100.221.210		
271	Strahlerz, Wr. . .	4.3	3.230	3	2	110.101		
272	Brochantit. Heu- land	3.9	4.931	3.5	2	110.010.011.210		
273	Essigfaur. Natron				2	011.001.110.132		
274	Bleizucker				2	011.010.110		
275	Pharmakolith, (Karsten)	2.7	3.429	2	2	011.001.031.154.110.114		
276	Gaylussit, Bouss.	1.9	3.665	2.5	2	011.110.112.114		
277	Soda	1.4	3.042	1.5	2			
278	Glauberfalz	1.5	2.662	2	2	011.001.010.110		
279	Borax	1.7	2.555	2.5	2	011	3.5025	$\frac{E}{C} = 30.94$
280	Eisenvitriol	1.8	3.700	2	2	011.110.130.112.001.132.350		
281	Kobaltvitriol . . .				2	011.110.130.112.001.132		
282	Manganvitriol . . .				2	011.110.130.112.001.132		
283	Kupfervitriol . . .	2.25	5.114	3	1	011.011.110.110.010		

Vierte Ordnung: Wasserdoppellafur.

284	Analcim	2.2	2.552	6	24	112.100		
285	Faujasit	1.92	0.965	5.5	24			

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Nr.	Zusammensetzung.	Ge- wichtl.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Gesamtklasse.	Hauptstufen des Korbspates		
		Quadril- lionsel Gr.	Verbin- dung. Quadril- lionsel (mm) ³ .	einzel- nen Körbe. Quadril- lionsel (mm) ³ .			c Million- tel mm	b c	d c
260	$\text{Cu}_3\text{As}_2\text{O}_9 + 7 \text{H}_2\text{O}$	1179.4	346'870	237'860	+45.83	4			
261	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_6 + 4 \text{H}_2\text{O}$	455.9		166'420		4			
262	$\text{Cu}_2(\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O})$	386.77	96'680	68'780	+40.57	2			
263	$\text{Cu}_3(\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O})$	602.8	167'440	106'590	+57.09	2	0.4826	$\beta = \frac{1.7606}{2.021}$	$\frac{0.58161}{c} = 0.03472$
264	$\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$	359.6		90'825		2			
265	$\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	301.0	130'870	121'555	+7.66	2	1.2281	$\beta = \frac{0.10365}{0.0483}$	$\frac{0.6817}{c} = 0.00957$
266	$\text{Na}_3\text{C}_3\text{O}_8 + 4 \text{H}_2\text{O}$	574.0	273'330	283'605	-3.62	2			
267	$\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_9 + 8 \text{H}_2\text{O}$	878.5	337'880	244'200	+38.36	2	0.9601	$\beta = \frac{0.5263}{0.0542}$	$\frac{0.7247}{c} = 0.01148$
268	$\text{Co}_3\text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$	1047.2	349'070	220'055	+58.63	2			
269	$\text{Mg}_3\text{As}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$	864.5	349'990	266'025	+31.56	2			
270	$\text{Cu}_6\text{P}_2\text{O}_{11} + 3 \text{H}_2\text{O}$	1177.2	280'290	241'070	+16.27	2			
271	$\text{Cu}_6\text{As}_2\text{O}_{11} + 3 \text{H}_2\text{O}$	1331.2	309'580	227'360	+36.16	2			
272	$\text{Cu}_3\text{SO}_7 + 3 \text{H}_2\text{O}$	790.9	202'800	160'355	+26.47	2			
273	$\text{Na}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2) + 3 \text{H}_2\text{O}$	243.2		110'780		2			
274	$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$	673.7		134'320		2			
275	$\text{Ca}_2\text{As}_2\text{O}_7 + 6 \text{H}_2\text{O}$	787.5	291'670	251'895	+15.79	2			
276	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$	518.0	272'630	238'335	+14.39	2			
277	$\text{NaCO}_3 + 10 \text{H}_2\text{O}$	460.2	328'720	187'460	+75.86	2			
278	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10 \text{H}_2\text{O}$	563.5	375'660	256'505	+46.45	2			
279	$\text{NaB}_2\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$	589.7	346'880	221'885	+56.33	2	1.0535	$\beta = \frac{0.2515}{1.045}$	$\frac{1.0535}{c} = 0.03233$
280	$\text{FeSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	486.5	270'280	149'740	+80.50	2			
281	$\text{CoSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	491.4		149'595		2			
282	$\text{MnSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O}$	484.5		150'860		2			
283	$\text{CuSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$	436.6	194'040	125'770	+54.28	1			

Vierte Ordnung: Wasserdoppelbasen.

284	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} + 2 \text{H}_2\text{O}$	771.4	350'640	299'580	+17.96	24	0.7062	1	1
285	$\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_9\text{O}_{26} + 18 \text{H}_2\text{O}^*$	1982.4	1032'500	726'290	+42.16	24	1.0107	1	1

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
No.	N a m e.	Raum- ge- wicht.	Bälle in 1 $\frac{1}{8}$ mm. Tril- lionen.	Härte.	Gespatsklasse.	Gespalt-Gestalten.	Kräfte.	
							$\frac{B}{C}$	$\frac{D}{C}$
286	Alaun	2 ₀	1 ₂₅₆	2 ₃	2 ₄	111.100 110 $\frac{1}{2}$ (210)		
287	Chabazit	2 ₁	1 ₉₉₁	4 ₃	6	1111.1110 2110.1220 pp.	0.92053	
288	Natrolith. Wr...	2 ₂	3 ₃₀₁	5	4	011.001	2.84105	1.0903
289	Stilbit	2 ₂	2 ₀₀₆	4	4	111.100	1.3232	1.0726
290	Chalcolith.....	3 ₆	2 ₁₆₃	2	4	111.001 110.100		
291	Uranit	3 ₆	2 ₂₄₁	2	4	111.001 110.100		
292	Harmotom	2 ₄	2 ₁₁₁	4 ₅	2		0.8123	1.4223
293	Laumontit, Wr..	2 ₃₄	3 ₂₅₇	3 ₃	2			$\frac{E}{C} = 2.044$
294	Linfenerz, Wr...	2 ₉	1 ₀₁₆	2 ₅	2	110 001		

10	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19
Nr.	Zusammensetzung.	Ge- wicht.	Rauminhalt der		Verbin- dung.	Gespat- klasse.	Hauptstützen des Korbspates		
		Quadril- lontel Gr.	Quadril- lontel (mm) ³ .	einzel- nen Körbe. Quadril- lontel (mm) ³ .			c Millim- tel mm	b c	d c
286	$\text{KSO}_4 + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{12} + 21 \text{H}_2\text{O}^*$	1592 ₁	796'050	616'520	+ 29 ₁₂	24	0.9268	1	1
287	$(\text{H,K})\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{13} + 6 \text{H}_2\text{O}$	1054 ₂₀	502'330	389'367	+ 29 ₀₁	6	1.0223	1.0660	0.606
288	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} + 2 \text{H}_2\text{O}$	666 ₅	302'910	266'860	+ 13 ₅₁	4	0.9790	0.3520	0.0172
289	$\text{H}_3(\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}) + 4 \text{H}_2\text{O}$	1096 ₂₉	498'600	374'700	+ 33 ₀₇	4	0.9855	0.7557	0.9'00
290	$(\text{CaU}_3\text{P}_2\text{O}_{12}) + 8 \text{H}_2\text{O}$	1647 ₆	457'670	291'492	+ 57 ₀₁	4			
291	$(\text{CaU}_3\text{P}_2\text{O}_{12}) + 8 \text{H}_2\text{O}$	1606 ₅	446'250	323'472	+ 37 ₉₆	4			
292	$\text{H}_2\text{BaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{15} + 4 \text{H}_2\text{O}$	1121 ₁	467'130	345'510	+ 35 ₂₀	2	0.8112	$\beta = \frac{1.231}{34.50}$	$\begin{matrix} 0.7030 \\ e \\ e = 0.1492 \end{matrix}$
293	$\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 4 \text{H}_2\text{O}$	711 ₉	304'230	285'230	+ 6 ₆₆	2			
294	$\text{Ca}_3\text{As}_2\text{O}_{13} + \text{Al}_2\text{As}_2\text{O}_8 + 24 \text{H}_2\text{O}$	2853 ₇	984'000	651'675	+ 51 ₅₀	2			

Bemerkungen.

170. R = Mg, Fe, Mn, Zn, Cu.

R' = Al, Fe, Mn, Cr.

209. R = Ca, Fe, Mg, Mn.

R' = Al, Fe, Cr.

217. R₆ = 4 Fe + 2 Ca (Mn).

221. R = Mg, Ca, Fe, Mn.

R' = Al, Fe.

226. R = Fe, Ca, Ce, Y, La, H₂.

229. R = Ca, Fe, Mn.

R' = Al, Fe.

285. R = Ca, Na₂.286. Statt K kann auch Na, Am, Mg, Li, Fe. statt Al₂ kann auch Mn₂, Cr₂, Fe₂ vorkommen.

Uebersicht der Gespatsklassen für die Mineralien.

		Quader- gespate.			Romben- gespate.			Rauten- gespate.				Es bilden Hundertel			
		Gleichgespate	Achtgespate.	Sa.	Sechsgespate.	Viergespate.	Sa.	Zweigespate.	Eingespate.	Sa.	Sa. der Gespate.	Quadergespate.	Rombengespate.	Rautengespate.	Sa.
I. Grundstoffe		18	2	20	4	2	6	—	—	—	26	77	23	—	100
II. Stämme. Gleichstämme ...		11	2	13	7	—	7	1	—	1	21	62	33	5	100
Zweierstämme ..		10	3	13	3	12	15	—	—	—	28	46	54	—	100
Dreierstämme ...		2	—	2	4	3	7	—	—	—	9	22	78	—	100
Vielstämme		—	—	—	1	—	1	2	1	3	4	—	25	75	100
Sa. der Stämme		23	5	28	15	15	30	3	1	4	62	44	48	6	100
III. Salze. Dreierfalze		6	1	7	10	14	24	7	2	9	40	18	60	22	100
Vierfalze		4	7	11	2	15	17	4	—	4	32	34	53	13	100
Fünffalze		—	—	—	1	3	4	1	1	2	6	—	33	67	100
Vielfalze		—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	100	100
Sa. der Salze		10	8	18	13	32	45	13	3	16	79	23	57	20	100
IV. Doppelgebilde. Doppelbafen		3	2	5	3	6	10	6	3	9	23	22	43	35	100
Doppelfalze		2	1	3	4	3	7	—	—	—	10	30	70	—	100
Wasserfalze		1	2	3	1	18	19	21	1	22	44	7	43	50	100
Wasser- doppelbafen		3	—	3	1	4	5	3	—	3	11	27	46	27	100
Sa. der Doppelverbindungen		9	5	14	9	31	40	30	4	34	88	16	45	39	100
Sa. der Mineralien		60	20	80	41	80	121	46	8	54	255	31	48	21	100

27. Der Bau der kleinsten Theilchen der Gesteine oder der Korbecke.

Aus der Tafel der Gesteine oder Mineralien ersehen wir, dass jedes Gestein von einer bestimmten chemischen Zusammenfetzung stets in derselben Gattung derselben Gespatsklasse erstarrt. Die chemische Zusammenfetzung ist es also, welche die Gestaltung der Gespate bedingt. Da nun die chemische Zusammenfetzung sich bereits in den Korbecken vollzieht, so kann man auch sagen, die Gestaltung der Gespate ist allein bedingt durch die Korbecke und deren Zusammenfetzung. Fassen wir hiernach die Gesetze für die Spatung oder Krystallbildung zusammen.

Die Spatgestalt (Krystallgestalt) der Gesteine, namentlich Gattung und Klasse der Gespate, ist bedingt durch die chemische Zusammenfetzung der Korbecke (Molecules), aus denen das Gestein besteht.

Gleich zusammengefetzte Gesteine haben gleichweit vom Schmelzpunkte bei verwandten Stoffen gleiche Spatgestalt (Krystallgestalt) oder:

In gleichzusammengesetzten Gesteinen verwandter Stoffe haben gleichweit vom Schmelzpunkte die Korbecke gleiche Lagerungs-Verhältnisse.

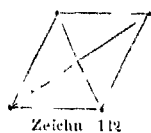
Nach diesen Gesetzen wird es möglich sein, aus der chemischen Zusammenfetzung der kleinsten Theilchen der Gesteine oder der Korbecke die Spatgestalt der Gesteine zu bestimmen. Jedenfalls kann die Gattung der Spatgestalt sich nicht dadurch ändern, dass sich die Korbecke verschieden an einander legen, sondern kann hierdurch nur eine verschiedene Art der Gestalten entstehen. Nach diesen Vorbemerkungen wenden wir uns zur Betrachtung der Korbecke oder der kleinsten Theilchen der Gesteine. Wir haben gesehen, dass die Spatgestalt der Gesteine, namentlich die Klasse und Gattung der Gespate, bedingt ist durch die chemische Zusammenfetzung der Korbecke. Der Einfluss der chemischen Zusammenfetzung tritt aber jedenfalls am deutlichsten hervor bei den Salzen, bei denen man einerseits die Zusammenfetzung genau kennt und andererseits die Eigentümlichkeit der in die Zusammenfetzung eintretenden Grundstoffe, deren wahrscheinliche Zusammenfetzung man nicht kennt, mehr zurücktritt. Wir beginnen demnach die Betrachtung mit der Untersuchung der Salze.

I. Die Gestalt der Korbspate der Salze.

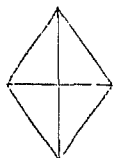
1. Die Dreierfalze.

Wir haben Dreierfalze die Salze genannt, bei denen zwei negative Körbe verbunden sind mit drei positiven Körben, z. B. MgCO_3 ; in der obigen Tafel in Nummer 26 gehören dahin die Nummern 128 bis 167. In allen diesen Salzen können wir uns die beiden negativen Körbe nach innen lagernd denken, die drei positiven Körbe nach außen, diese werden dann in der Randebene liegen und ein Dreieck bilden, dessen drei Ecken in den Mittelpunkten der Körbe sich befinden. Die Lage der Körbe in der Korbseele wird dann die nebenstehende sein, wo die drei $+$ -Körbe ein Dreieck bilden. Denken wir uns nun eine Dreiecksfäule mit dem Dreiecke als Base und der Polstütze als Höhe, so haben wir die Spatgestalt der Korbseele oder das Korbspat vor uns. Acht solcher Dreiecksfäulen setzen sich dann zu einer Rautenfäule zusammen, an welcher man bereits alle Erscheinungen der Gespate erkennen kann, und die wir ein Korbgespat nennen wollen. Bei den Sechsgespäten bilden zwölf solcher Dreiecksfäulen ein Korbgespat. Die Klasse des Gespates ist dann bedingt durch die Art des Dreiecks.

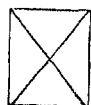
Ist das Dreieck ein ungleichseitiges und schiefwinkliges, so wird auch die Raute eine ungleichseitige und schiefwinklige und schneiden sich die Gehren oder Diagonalen unter schiefem Winkel und sind ungleich. Wir haben hier also ein Rautenspat, und zwar wenn die Polachse, wie bei den Salzen, senkrecht auf der Randebene ist, ein Zweigespat; wenn sie aber schief auf der Randebene steht, ein Eingespät.



Zeichn 112



Zeichn 113.



Zeichn 111

Ist das Dreieck ein gleichschenkliges, aber schiefwinklig, so wird die Raute eine Rombe, bei welcher die Gehren oder Diagonalen sich unter rechten Winkeln schneiden, aber ungleich sind. Das Gespat ist also ein Rombenspat, in welchem die Randachsen senkrecht auf einander stehen, aber ungleich sind. Ganz dasselbe erhalten wir, wenn das Dreieck ein rechtwinkliges ist, aber ungleichseitig, dann wird die Raute ein Rechteck, in welchem die Gehren gleich sind, d. h. Romben bilden. Wenn das Dreieck also gleichschenklige, aber nicht gleichseitig

ist, so ist die Raute eine Rombe, in welcher die Gehren oder Achsen senkrecht auf einander stehen, aber ungleich sind. Wir haben dann ein Viergespat. Das Verhältniss des Lotes aus der Spitze des Dreiecks zur halben Grundseite giebt dann das Verhältniss der beiden Randstützen $\frac{d}{e}$, das Verhältniss der Polstütze zur seitlichen Randstütze $\frac{b}{e}$ muss notwendig dasselbe beim Korbspate sein, wie beim ganzen

Gespat. Die beiden Verhältnisse bestimmen die Gattung des Gespates.

Wenn das Dreieck gleichseitig wird, so werden die Winkel im Dreiecke 60° und setzen sich sechs solche Dreiecke zu einem regelmässigen Sechsecke zusammen. Die vom Mittelpunkte ausgehenden sechs Seiten bilden dann die drei Randachsen, welche sich unter einander schneiden. Wir haben in diesem Falle also ein Sechsgespat. Das Ver-



Zeichn. 115

hältniss der Polstütze zur Randstütze $\frac{b}{e}$, d. h. zur Seite vom Mittelpunkte aus, bestimmt die Gattung des Sechsgespates und ist dies Verhältniss beim ganzen Gespat notwendig dasselbe wie bei dem Korbspate.

Wenn das gleichschenklige Dreieck endlich rechtwinklig wird, so wird die Höhe gleich der halben Grundseite, d. h. die beiden Randstützen werden gleich, während sie rechtwinklig sind. Das Rombenspat wird ein Quaderspat, die schiefwinklige Rombe wird ein rechtwinkliges Quader, dessen Gehren sich rechtwinklig schneiden und gleich sind. In dem Korbspate steht die Polstütze zu der Höhe des

Dreiecks in demselben Verhältnisse $\frac{b}{e}$ wie die Polstütze zur Randstütze im ganzen Gespat. Sind beide ungleich, so ist das Gespat ein Achtgespat, und bestimmt das Verhältniss $\frac{b}{e}$ die Gattung des Gespates. Sind Polstütze und Randstütze gleich, so ist das Gespat ein Gleichgespat. Bei den Dreierfalten bestimmt also das Korbspat die Klasse und die Gattung des Gespates, und kann man umgekehrt aus dem ganzen Gespat die Klasse und Gattung des Korbspates und das Verhältniss seiner Stützen bestimmen.

Die Gestalt und die Verhältnisse der Achsen kennt man also für die Korbspate der Dreierfalte; es kommt nur noch darauf an, die Grösse oder den Rauminhalt der Korbecke zu bestimmen. Die

GröÙe der Korbecke kann man aber berechnen. In Nummer 13 haben wir das Gewicht der einzelnen Körbe der Grundstoffe in Quadrilliontel Gramm kennen gelernt, durch Zufügung (Addition) derselben finden wir das Gewicht der Korbecke. Für die Gespate der Gesteine kennt man ferner das Raumbgewicht des Gespates, d. h. das Gewicht eines Würfelmillimeters des Gespates in Gramm. Dies Gewicht geteilt (dividirt) durch das Gewicht eines Korbecks giebt die Zahl N der Korbecke in einem Würfelmillimeter. Und der Würfelmillimeter geteilt (dividirt) durch die Zahl N der Korbecke ergibt den Rauminhalt eines Korbecks in Würfelmillimetern.

Freilich ist hiebei angenommen, dass der ganze Rauminhalt des Gespates durch die Korbecke erfüllt sei und nicht noch leere Räume zwischen den Wirkungssphären der Körbe vorkommen. Dies wird nun allerdings nicht ganz strenge der Fall sein, aber immerhin werden doch die leeren Räume zwischen den Korbecken im Verhältniss zu diesen nur klein sein. Ueberdies kann man den Rauminhalt des Korbecks mit der Summe der Rauminhalte der daselbe zusammensetzenden Körbe vergleichen und dadurch prüfen (controliren), wie das in diesem Buche in der Tafel der Nummer geschehen ist. Das Verhältniss der beiden Zahlen für den Rauminhalt ergibt, ob noch leere Räume zwischen den Korbecken vorhanden sind, oder ob nicht die Verbindung durch den Druck selbst noch einen kleineren Raum einnimmt, als die sie zusammensetzenden Körbe. Die folgende Tafel zeigt das Ergebniss dieser Vergleichung aus den Zahlen der Tafel in Nummer 26.

Vergleichung des Rauminhalts der Verbindung mit dem der einzelnen Körbe.

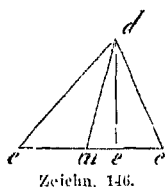
	Die Verbindungen enthalten in											
	Hundertel mehr			Hundertel weniger			Summe der Abweichung			Mittel der Abweichung		
	Summe	Fälle	Mittel	Summe	Fälle	Mittel	Summe	Fälle	Mittel	Summe	Fälle	Mittel
I. Grundstoffe . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
II. Stämme.												
Gleichstämme . .	218. ₀₁	9	24. ₁₂₃	165. ₂₅	12	13. ₇₇	383. ₄₆	21	18. ₂₅	52. ₇₆	21	2. ₁₁
Zweierstämme . .	467. ₈₇	10	46. ₇₇₉	207. ₇₇	15	13. ₈₅	675. ₆₄	25	27. ₀₂	260. ₁₀	25	10. ₄₀
Dreierstämme . .	98. ₂₇	4	24. ₁₅₇	64. ₀₂	5	12. ₈₀	162. ₂₉	9	18. ₀₃	34. ₂₅	9	3. ₅₁
Vielerstämme . . .	273. ₇₇	3	91. ₂₆	19. ₁₂	1	19. ₁₂	292. ₃₉	4	73. ₂₂	251. ₆₅	4	63. ₆₆
Sa. der Stämme . .	1057. ₉₂	26	40. ₀₉	456. ₁₆	33	13. ₅₂	1514. ₀₉	59	25. ₆₀	601. ₇₆	59	10. ₂₀
III. Salze.												
Dreierfalze	355. ₃₈	9	39. ₇₁₉	155. ₀₃	15	10. ₃₃	510. ₄₁	24	21. ₂₇	200. ₃₆	24	8. ₃₁
Vierfalze	295. ₀₈	11	26. ₃₃	248. ₇₉	13	19. ₁₄	543. ₉₇	24	22. ₆₆	46. ₂₉	24	1. ₉₃
Fünffalze	2. ₀₁	1	2. ₀₁	38. ₂₆	4	9. ₅₆	40. ₃₀	5	8. ₀₆	36. ₂₂	5	7. ₂₁
Vielfalze	0. ₀₀	0	0. ₀₀	4. ₃₆	1	4. ₃₆	4. ₃₆	1	4. ₃₆	— 4. ₃₆	1	— 4. ₃₆
Sa. der Salze	652. ₅₀	21	31. ₀₇	446. ₁₄	33	13. ₅₃	1098. ₉₁	54	20. ₃₅	206. ₀₆	54	3. ₅₁
IV. Doppelgebilde.												
Doppelbafen . . .	38. ₇₅	4	9. ₆₉	123. ₁₉	11	11. ₂₀	161. ₀₃	15	10. ₈₀	— 8. ₁₁	15	— 5
Doppelfalze . . .	42. ₃₁	4	10. ₃₃	46. ₅₄	3	15. ₅₁	88. ₈₅	7	12. ₆₉	— 4. ₂₃	7	— 0. ₆₀
Wasserfalze . . .	1074. ₈₆	26	41. ₃₃	3. ₆₂	1	3. ₆₂	1078. ₄₈	27	39. ₉₁	1071. ₂₁	27	39. ₆₁
Wasser-doppelfalze . .	351. ₇₆	11	31. ₅₉	0. ₀₀	0	0. ₀₀	351. ₇₆	11	31. ₉₈	351. ₇₆	11	31. ₉₈
Sa. der Doppelverbindungen . .	1507. ₆₅	45	33. ₅₀	173. ₃₅	15	11. ₅₆	1681. ₀₃	60	28. ₀₂	1334. ₃₃	60	22. ₇₄
Sa. der Gesteine . .	3218. ₁₀	92	34. ₉₈	1075. ₉₃	81	13. ₂₈	4294. ₀₂	173	24. ₅₂	2142. ₁₂	173	12. ₅₃

Für die Korbecke ist dann der Inhalt des Dreiecks gleich der Höhe mal der halben Base, d. h. bei den Rechtgesteinen gleich dem Zeuge (Producte) der beiden Randstützen. Setzen wir also die Ausdehnung des Korbecks in der Polachse gleich der Polstütze, so bildet das Korbeck bei den Rechtgesteinen eine dreieckige Säule, deren Inhalt gleich dem Zeuge (Producte) der drei Hauptstützen ist. Sei also V der Rauminhalt des Korbecks, so ist

$$V = bed = \frac{b}{c} \cdot \frac{d}{c} \cdot c^3 \text{ oder } c = \left(V \cdot \frac{c}{b} \cdot \frac{c}{d} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(V \cdot \frac{B}{C} \cdot \frac{D}{C} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

Bei den Sechsgespäten ist die Randstütze c die Seite des Dreiecks also für das Dreiecksspat

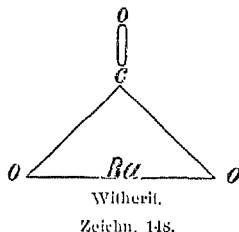
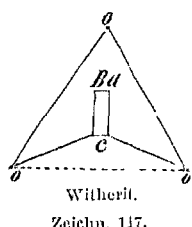
$$V = b \cdot \frac{1}{2} c \cdot \sqrt{\frac{3}{4}} \cdot c = 0.4330 \cdot c^3 \cdot \frac{b}{c} \\ c = \left(2.3094 V \cdot \frac{c}{b} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(2.3094 V \cdot \frac{B}{C} \right)^{\frac{1}{3}}.$$



Bei den Rautengespäten ist das Dreieck ein ungleichseitiges und bildet die eine Randachse die Base, die andere die Linie, welche die Grundlinie halbiert. Seien also $c = em$ und md die beiden schiefen Stützen und sei der Winkel $emd = 90^\circ + \beta$, so ziehe man von d auf me ein Lot de , dann ist geometrisch $md = me + ed$ und ist $em + md = em + me + ed$ und $me + md = me + me + ed$, d. h. man kann die Zweigespate auf vier Achsen zurückführen, die rechtwinklig auf einander stehen und von denen zwei in der Linie me liegen. Wir haben die Linie de in der Tafel die Stütze d genannt, dann ist der Rauminhalt des Korbecks

$$V = bed = \frac{b}{c} \cdot \frac{d}{c} \cdot c^3 \text{ oder } c = \left(V \cdot \frac{c}{b} \cdot \frac{c}{d} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

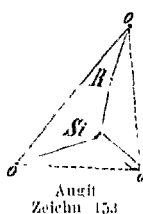
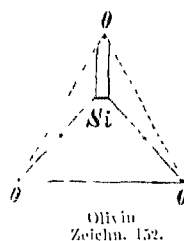
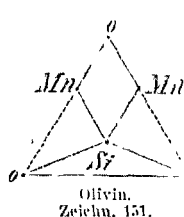
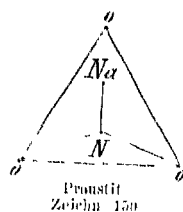
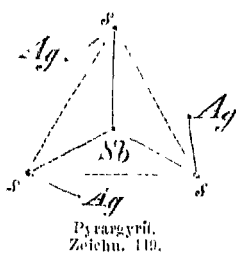
Nach diesen Betrachtungen wenden wir uns nun zu den einzelnen Dreierfalzen, und zwar zunächst zu den kohlenfauren Salzen. Bei



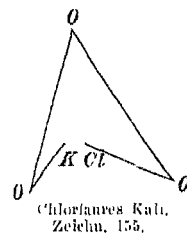
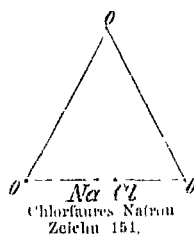
diesen ist die negative Wurzel R 2bindig, die Kohle 4bindig, jeder Sauerstoff 2bindig, also RCO_3 12bindig. Soll das Dreieck gleichschenkelig werden, so ist nur die eine der beiden nebenstehenden Verbindungen möglich, und wird das Gespat ein

Viergespat, oder wenn das Dreieck gleichseitig wird, ein Sechsgespat.

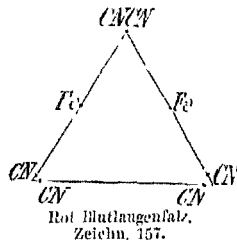
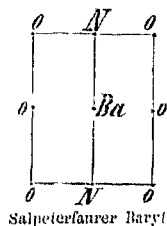
Die Dreierfalze Ag_3SbS_3 und Ag_3AsS_3 werden Sechsgespate. Die Salze NaNO_3 , KNO_3 werden Sechsgespate, wenn, wie bei NaNO_3 , das Dreieck gleichseitig wird, dagegen Viergespate, wenn es, wie bei KNO_3 , nur gleichschenkelig wird. Von den kiefelfauren Salzen bildet Mn_2SiO_3 ein gleichschenkliges, RSiO_3 ein ungleichseitiges Dreieck, daher das erste ein Viergespat, das letztere ein Zweigespat.



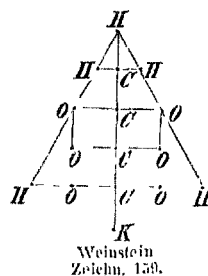
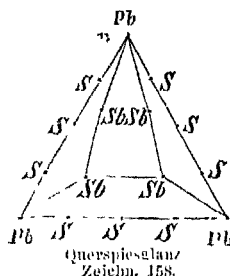
Die Salze NaClO_3 pp. bilden gleichschenklige rechtwinklige Dreiecke oder Quadergespate, daneben aber KClO_3 ein ungleichseitiges Dreieck, also ein Zweigespat.

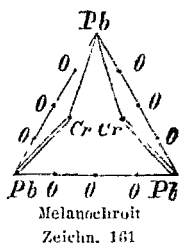
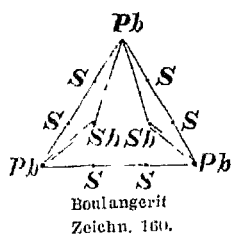


Die Salze BaN_2O_6 pp. bilden Quadergespate. Dagegen bilden die Salze $\text{Fe}_2(\text{CN})_6$ Viergespate



und ebenso die Salze $\text{Pb}_3\text{Sb}_2\text{S}_9$ und $\text{K}_2\text{H}_3\text{O}_6$.

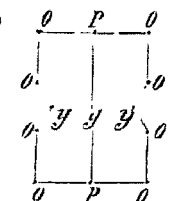
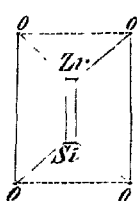
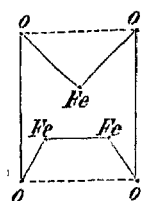




Die Salze $\text{Pb}_3\text{Sb}_2\text{S}_8$ und $\text{Pb}_3\text{Cr}_2\text{O}_9$ endlich bilden ungleichseitige Dreiecke, also Zweigespate.

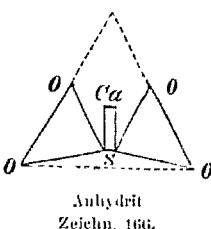
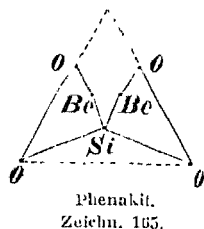
2. Die Vierfalze.

Bei den Vierfalzen sind zwei und mehr negative Körbe verbunden mit vier positiven Körben. Hier kann man sich wieder die negativen Körbe nach innen lagernd denken, dann liegen die vier positiven Körbe nach außen in der Randebene und bilden ein Viereck.



Ist dies Viereck ein Quader von gleichen Seiten und rechten Winkeln, so wird das Korbpat und ebenso das ganze Gespat ein Quaderspat, die Verbindungen No. 168 bis 178 der Tafel in Nummer 26 geben uns Beläge für diese Art der Verbindung.

Ist das Viereck ein unregelmäßiges und ist die eine Seite nur kurz im Vergleich zu den andern, so kann man das Viereck zu einem Dreiecke ergänzen und hat dann alle Verhältnisse wie bei den Dreierfalzen.



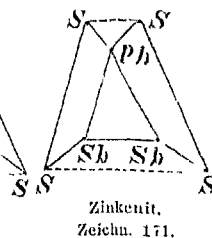
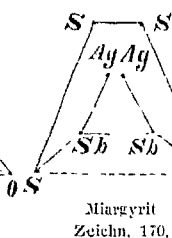
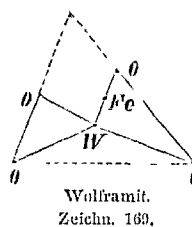
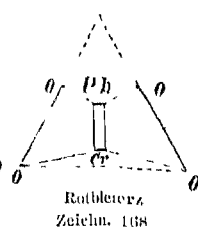
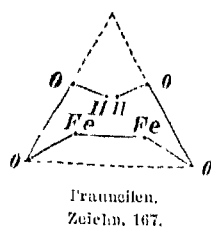
Die genaueren Verhältnisse der Lagerung ergeben sich, wenn man die Bindigkeit der Körbe beachtet. Der Kiesel ist 4bindig, der Schwefel 2bindig, gegen Sauerstoff jedoch 6bindig; daraus ergeben sich die Lagerungen für die kiesel-sauren und schwefel-sauren Salze No. 179—190. Für die Verbindungen No. 191—192

und 196 sind die Lagerungsverhältnisse einfach und leicht zu übersehen,

für $H_2Fe_2O_4$ und für $PbCrO_4$ ergeben sich die nebenstehenden Lagerungen.

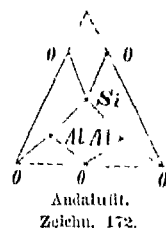
In allen diesen Fällen werden die Dreiecke gleichschenkelig und erhalten wir daher Rombengespatte oder Viergespatte.

Wird das Dreieck ungleichseitig, so erhalten wir Rautengespatte oder Zweigespatte; hierhin gehören die folgenden Lagerungen No. 197 bis No. 199.

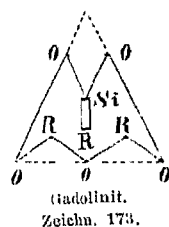


3. Die Fünffalze und die Vielfalze.

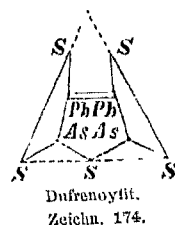
Diese Salze führen uns, wenn wir die Bindigkeit der Stoffe beachten, leicht auf die nebenstehenden Lagerungsverhältnisse. In No. 201 Al_2SiO_5 ist Al drei-, Si vier-, O zweibindig; daraus ergibt sich die nebenstehende Gestalt für das Korbspate.



In No. 202 R_3SiO_5 ist R zweibindig, demnach die Lagerung die nebenstehende.



In No. 203 $Pb_2As_2S_5$ ist P vier-, As drei-, S zweibindig, und dadurch die Gestalt des Korbspates bedingt.



II. Die Gestalt der Korbspate der Doppelgebirge.

Für die Doppelgebirge ist die chemische Zusammenfassung so bedeutend, dass verschiedene Lagerungsverhältnisse möglich sind. Jeder wird leicht ein Schema der Lagerung entwerfen können, bei welchem der zusammengefasste Korb die Gestalt eines Dreiecks annimmt; aber es lassen sich leicht mehrere Lagerungs-Verhältnisse aufstellen, welche allen Bedingungen genügen, und kann man daher in dem einzelnen Falle nicht entscheiden, wie die Lagerung wirklich stattfindet.

III. Die Gestalt der Korbspate der Grundstoffe.

Bei den chemisch einfachen Körpern sind alle Körbe chemisch einfach. Jeder Korbball oder Doppelkorb ist also nach allen Richtungen ganz gleich beschaffen. Bei der gegenseitigen Pressung muss daher der Druck in den drei Hauptachsen gleich sein und müssen die drei Hauptachsen senkrecht auf einander stehen. Die Gespate der chemisch einfachen Stoffe gehören also fast sämmtlich den Gleichgespäten an. Höchstens kann der Druck in der Polachse, wo die beiden Körbe auf einander lasten, ein anderer sein, als in den Randachsen, dann wird das Gespat ein Achtgespat; jedenfalls bleibt es auch in diesem Falle ein Quadergespat.

Von den 64 Grundstoffen ist nun bei 26 Stoffen die Spatgestalt beobachtet. Es gehören davon 18 den Gleichgespäten, 2 den Achtgespäten, zusammen also 20 den Quadergespäten an. Die übrigen 6 Gesteine gehören den Rombengespäten, und zwar 4 den Sechsgespäten, 2 den Viergespäten an; zu den Rautengespäten zählt keiner unter den Grundstoffen.

Der Grund, dass 6 von den Grundstoffen zu den Rombengespäten gehören, kann wohl nur darin liegen, dass diese Grundstoffe nicht chemisch einfach, sondern zusammengefasst sind. Von den vier Grundstoffen, welche in Sechsgespäten gefrieren, sind Arsen, Spies und Bismut dreibindig, der vierte Stoff Tellur ist in manchen Beziehungen gleichfalls dreibindig. Die genannten Grundstoffe verhalten sich demnach sowohl bei der chemischen Verbindung, als auch bei der Gestaltung der Gespate ganz wie die Dreierfalze, welche wir besprochen haben. Auch die Gespate der in Viergespäten gefrierenden Grundstoffe Jod und Schwefel entsprechen ganz den Dreierfalzen und lassen vermuten, dass die Grundstoffe nicht einfach, sondern zusammengefasst sind.

IV. Die Gestalt der Korbspate der Stämme.

Die Stämme sind die Verbindungen zweier einfachen Stoffe. Wir unterscheiden hier die Gleichstämme, die Zweierstämme, die Dreierstämme und die Vielstämme.

1. Die Gleichstämme.

Bei den Gleichstämmen verbinden sich gleichviel Korbe der beiden einfachen Stoffe mit einander, das Verhältniss in den Korbbällen ist also noch ganz dasselbe, wie bei den Korbbällen der Grundstoffe.

Von den 21 Gleichstämmen, deren Spatzgestalten wir kennen, gehören 11 den Gleichgespaten, 2 den Achtgespaten, also zusammen 13 den Quadeigespaten an. In der That ist auch nicht abzusehen, weshalb hier der Druck von verschiedenen Seiten ein verschiedener sein sollte höchstens könnte in der Polachse wo die beiden Korbe an einander liegen, ein abweichender Druck sein. Die verbundenen Stoffe sind in 5 Fällen einbindige, $\text{Ag} = \text{Cl}$, $\text{Ag} = \text{Br}$, $\text{Ag} = \text{J}$, $\text{Na} = \text{Cl}$, $(\text{NH}_4) = \text{Cl}$, in 5 Fällen zweibindige, $\text{Cd} = \text{O}$, $\text{Mg} = \text{O}$, $\text{Mn} = \text{S}$, $\text{Zn} = \text{S}$, $\text{Cu} = \text{S} + \text{Fe} = \text{S}$ in 2 Fällen ist ein vierbindiger mit einem zweibindigen verbunden, $= \text{Pb} = \text{S}$, $= \text{Pb} = \text{Se}$ endlich in einem Falle sind 2 zweibindige Stoffe mit zwei einbindigen verbunden

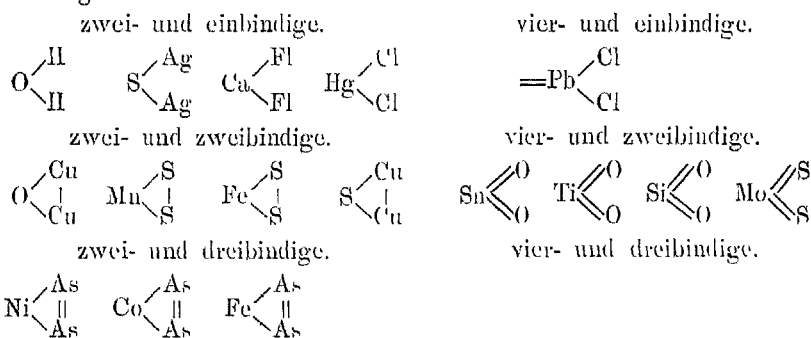
$$\begin{array}{c} \text{Hg} - \text{Cl} \\ | \\ \text{Hg} - \text{Cl} \end{array}$$

Von den 21 Gleichstämmen gehören aber auch 7 den Sechsgespaten (Rombengespaten) und 1 den Zweigespaten (Rautengespaten) an. Von den 7 Sechsgespaten bestehen drei, $\text{Zn} = \text{O}$, $\text{Cd} = \text{S}$ und $\text{Hg} = \text{S}$ einerseits aus einem der drei Grundstoffe deren Korball nur einen Korb enthält, nämlich Zn_1 , Cd_1 , Hg_1 , und andererseits aus einem Stoffe O oder S, deren Korball zwei Korbe enthält; die Gleichstämme verhalten sich hier also wie Zweierstämme indem der erste Korball das Doppelte des andern beträgt und die beiden Korbe eine Dreiecksgestalt bilden. Es darf aber hiebei nicht unerwähnt bleiben, dass die Gleichstämme $\text{Zn} = \text{S}$ und $\text{Cd} = \text{O}$ in Gleichgespaten gefrieren, obwohl bei ihnen das gleiche Verhältniss obwaltet. Zwei der Gleichstämme, $\text{Ni} = \text{As} -$ und $\text{Ni} = \text{Sb} -$, bestehen aus einem zweibindigen und einem dreibindigen Stoffe und gefrieren daher in Sechsgespaten; bei zweien endlich ist kein Grund dafür anzugeben, es sind dies die Gleichstämme $\text{Ni} = \text{S}$ und $\text{Jr} = \text{Os}$.

Der Gleichstamm endlich, der in Zweigespaten gefriert, ist — As = S, wo ein dreibindiger mit einem zweibindigen verbunden ist. Der Grund hierfür ist zur Zeit noch verborgen.

2. Die Zweierstämme.

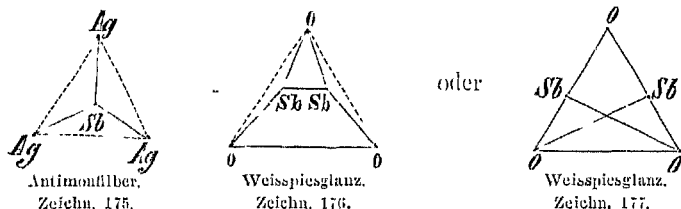
Bei den Zweierstämmen verbindet sich ein Korb des einen Stoffes mit zwei Körben des andern. Man kann die drei Körbe sich in der Gestalt eines Dreiecks denken. Da die beiden letzteren Körbe einander gleich sind und gleiche Beziehung zum dritten Korb haben, so müssen die Dreiecke stets gleichschenkelig sein. Der Korb des einen Stoffes muss mit den beiden andern gleichmäÙig verbunden sein, er kann demnach nur zwei- oder vierbindig sein. Die beiden gleichen Körbe können einbindig, zwei- und dreibindig sein. Darnach haben wir folgende Verhältnisse:



Die Ableitung der Gestalt bietet hier keinerlei Schwierigkeit dar.

3. Die Dreierstämme.

Bei den Dreierstämmen ist ein dreibindiger Korb verbunden mit drei einbindigen Körben, oder es sind zwei dreibindige Körbe verbunden mit drei zweibindigen Körben; dies giebt die folgenden beiden Verhältnisse:



Die dreibindigen Körbe liegen hier nach innen, die drei mit ihnen verbundenen Körbe liegen nach außen in den Ecken des Dreiecks und bestimmen die Gestalt des letzteren.

In allen Verbindungen ergibt sich also die Gestalt des Gespates mit Nothwendigkeit aus der chemischen Zusammenfetzung des Korbecks.

Anm. Die Zusammenfetzung und der Bau der Gewächse wird in den folgenden Büchern der Lebenslehre ihre eingehende wissenschaftliche Untersuchung finden und muss hier auf jene Bücher verwiesen werden. Wir werden dort sehen, dass alle Gewächse aus Zellen aufgebaut sind, und dass die Haut dieser Zellen aus Fadenmetzen besteht, welche Haltbarkeit mit Biegsamkeit vereinigen und durch ihre Poren den Flüssigkeiten den Zugang gestatten. Wegen des Näheren verweise ich auf die folgenden Bücher.

28. S c h l u s s .

Die Lehre vom Weltleben ist hiemit vollendet; die ganze Körperwelt ist aus ihren einfachen Wesen, den Punktwesen, wieder aufgebaut, die Wissenschaft als solche ist hiemit geschlossen; es wird nur noch eines Blickes bedürfen über die Grenzen dieser Wissenschaft hinaus auf den Zusammenhang, in dem dieses Weltleben oder die Metaphysik mit den übrigen Zweigen menschlichen Wissens steht.

Die Welt der Massewesen zeigt uns eine für den menschlichen Geist unermessliche Menge von einfachen Wesen oder Punktwesen. Kein Mensch vermag auch nur die einfachen Wesen sich einzeln vorzustellen, sie einzeln zu zählen, welche in dem Würfel eines Millimeters enthalten sind; kein Mensch vermag auch nur ein einfaches Wesen hinzuzufügen, d. h. zu schaffen oder hinwegzunehmen, d. h. zu vernichten. Es ergibt sich daraus, wie überaus töricht es ist, wenn einzelne Köpfe gewähnt haben, sie könnten aus ihrem Hirne das Weltall erzeugen und leiblich oder auch geistig aufbauen. Es ergibt sich daraus, dass es nur einen Weg giebt, wie der endliche Mensch zur Erkenntniss der Gesetze des Weltalls gelangen kann, nämlich den, dass er, unbeirrt durch seine vorgefassten Meinungen und Ansichten, das große Buch des Weltalls aufschlägt und die Gesetze lesen lernt, welche der Welt schöpfer mit eherner Schrift eingegraben hat in die Gesetzestafeln des Weltalls, dass er nie vergisst, dass der Mensch nur soweit die Gesetze des Weltalls verstehen kann, als er dieselben durch Erfahrung erkennen und verstehen und mit seinem Geiste auffassen und verarbeiten lernt, und die Gesetze, welche Gott in das Weltall hineingelegt hat, sich aneignet, dass dagegen, wie bereits der Apostel Paulus sagt, jeder Menschenwitz und jede Menschenweisheit, welche sich an die Stelle der Erfahrung setzen will und das mühsame Erforschen der Gesetze der Welt verachtet, eine Torheit ist, welche die Wahrheit nie finden kann, weil sie die Quelle verschmäht, aus der alle Wahrheit wie ein lebendiger Born hervorquillt.

Nirgends zeigt sich ein Stoff, eine Hyle eine Materie ausser den einfachen Wesen, nirgends ein Etwas, das gegeben sein könnte vor der Schöpfung, das der Teig sein könnte, der durch den Welterschöpfer erst seine Gestalt empfangen hätte. Nur einfache Wesen Punkte, von dem Schöpfer mit Kräften begabt, sind es, welche die Wesen des Weltalls bilden. Gefiele es dem Welterschöpfer, die Gesetze zu ändern nach denen diese einfachen Wesen sich anziehen oder abstossen, so würden, wie bereits Cauchy bemerkt, die festesten Körper sich durchdringen, das ganze Weltall in einen Punkt zusammenschrumpfen, oder aber die kleinsten Körperteile ungemessene Räume erfüllen. Alle diese einfachen Wesen haben nur ihre Kräfte, soweit der Welterschöpfer sie ihnen verleiht, und würden das reine Nichts werden, sobald der Welterschöpfer den einfachen Wesen die Kräfte entziehen wollte. Kein Geschöpf vermag hierin auch nur das Geringste zu ändern.

Den Zweck dieser Welt, ihre Beziehung zu den Menschen werden wir an dieser Stelle selbstredend nicht erfassen und darstellen können. Der Zweck der Welt, ihre Beziehung zu den Menschen, kann erst erkannt werden, nachdem die Staatswissenschaften, welche das Leben der Menschen behandeln entwickelt sind; erst in der Gotteswissenschaft, d. h. in der letzten Abteilung des Gebäudes des Wissens kann diese Betrachtung ihre wissenschaftliche Gestalt erhalten. Aber soviel kann auch hier schon jedem Denkenden klar werden, dass die Welt mit allen ihren Wesen ein Abbild ist höherer Verhältnisse. Denn wie es im Leben der Menschen die Liebe ist, welche die verschiedenen Menschen an einander kettet, die scheidende Kluft überdeckt und das Getrennte und Entzweite vereint zu einer ergänzenden und seligen Lebensgemeinschaft, so ist es auch in dem Weltleben die Anziehung verschiedener Wesen, des $+E$ und $-E$, welche diese vereinigt zu einem Epare, so ist es auch die chemische Vereinigung zweier Körper zu einem neuen Körper, welche uns daselbe Gesetz der Ergänzung, der Vereinigung zweier Wesen zeigt, welche in dem toten Stoffe das schwingende, offenbarende Leben, die Wärme und das Licht erzeugt, welche die Werke Gottes uns offenbart, und die Erde bereitet zu einer Wohnstätte für Pflanzen und Tiere, zu einem Tempel, in dem alle Wesen die Herrlichkeit Gottes, unsers Schöpfers, preisen und dem Menschen die Liebe Gottes darstellen in Bild und Tat.

Wortverzeichnis.



Die Zahlen bezeichnen die Seiten.

Abbildungen:

- Achter 278, Achtfaute 285. Achtspies 284, Achtundvierzigflach 275. Andalusit, Korbspat 324. Anhydrit, Korbspat 324. Antimonfilber, Korbspat 328. Anziehung eines Epars 69, zweier Epars 70. Augit, Korbspat 323. Aushalbe 280. Aushalbkraft 262.
- Bahnspeichen 53, Baryt, salpetersaurer 323, Blutaugenfalz, rotes, Korbspat 323, Boulangerit, Korbspat 324. Brauneisen. Korbspat 325.
- Chlorfaures Kali und Natron 323.
- Doppelkorb 239, Dreierkorb 242, Dufrenoyit. Korbspat 325.
- Eisenkorb 245, Lagerung derselben 247. Elektrische Verteilung 79. Erde. Estrom derselben 246, Polkraft 246. Estrom durch Magnetismus 243, durch Wärme 208.
- Gadolinit, Korbspat 325.
- Hauptthalbe 282.
- Kali, chlorfaures, Korbspat 323.
- Korb, abstosende Wefen 180, Abstosung 247, Körbe, sich abstosend 184, sich anziehend 191, vereint 191, Hüllpare des Korbes 182, 298, kreisend 181.
- Korball 239, zweier Stoffe 242.
- Korbeck, Lagerung 247, Trennung 252. Verschiebung 252.
- Korbtropfen, Lagerung 152, in der Flüssigkeit 194, in Zerfetzungszelle 194.
- Kreisbahn 54, Kronenspies 287.
- Leucit 277. Halbgestalt 280.
- Magneteisen. Korbspat 321. Magnetstab 242, abstosend 244, anziehend 244, mit Strömen 243. Melanochoit 321. Miargyrit 325.
- Natron, chlorfaures. Korbspat 323.
- Okttaeder 278. Olivin, Korbspat 323.
- Parallelogramm der Kräfte 16, Phenakit. Korbspat 321. Phosphorsaure Yttererde, Korbspat 324. Pole des Eisens 247, der Erde 246, Polstäbe 242, abstosend 244, anziehend 244. Lagerung der Körbe 247, Eströme 243. Pronst. Korbspat 323. Pyargyrit, Korbspat 323. Pyramidenoktaeder 276. Pyramidentetraeder 280, Halbgestalt 282. Pyramidenwürfel 277. Halbgestalt 280. Pyritode 282.
- Quaderfäule 285. Quaderspies 284. Querspiesglanz. Korbspat 323.
- Rautenspat 318, Rombendoderaeder 278, Rombenfaule 290. Rombenspat 288. 318. Rombenspies 289. Rothleierz, Korbspat 325, Rot Blutaugenfalz Korbspat 323.
- Schicht 285. 288. 290.
- Sechsgespat 319, Randebene 269.
- Sechsfaute 289.
- Spatachfen 263, Aushalbkraft 262. Zwischenkräfte 262, Stützen und Kräfte in Rechtgesteinen 266.
- Turmmacher 276, Turmvierer 280.
- Turmwürfel 277, Halbgestalt 282.
- Vollgespat 275, Halbgestalt 280, Hauptthalbe 282, Zwischenhalbe 244.

- Weinstein. Korbpat 323, Weisspief-
glanz, Korbpat 328. Witherit, Korb-
pat 322, Wolframit, Korbpat 325,
Würfel 278.
- Yttererde, phosphorsaure, Korbpat 324.
- Zerfetzungszelle 187, Zinkenit, Korbpat
325, Zirkon, Korbpat 324, Zweige-
spate, Randebene 270, Zwischenhalbe
281, Zwischenkraft 262, Zwischen-
stütze 264, Zwölffromb 278, Zwölf-
füule 289.
- Ablosung, die einfache Kraft ab-
nehmend umgekehrt wie (Quader der
Entfernung 37, eines Parwefens 73,
zweier Parwefen 74, der Körbe
(Atome) 176—178, Beweis 181—184.
- Abteilungen der Gesteine 258.
- Acetal, Korbball und Flüssigkeit 154.
- Achfen der Spate 261, 265, Polachfen.
Randachfen 265.
- Achfennorm 265.
- Achter (Oktaeder) 278.
- Achtgespate 259, 268, 283.
- Achtfüule 285.
- Achtspies 284.
- Achtundvierzigflach 274.
- Achtzähliges Krystallsystem 283.
- Aconitssäure Aethyläther 154.
- Addition 4.
- Ag = Silber.
- Aggregatzustände 92, luftförmig,
flüssig, fest, zellig 91.
- Akantit, Korbpat 300.
- Akt 12.
- Al = Aluminium, Thon 105.
- Alaun, Korbpat 314.
- Albit, Korbpat 308.
- Aldchyd, Korbball und Flüssigkeit
154.
- Alkohol, dgl. 154.
- Allyl, Di-, Korbball und Flüssigkeit
154, 241.
- Allylalkohol, dgl. 154.
- Allylamin, dgl. 154.
- Allylbromür, dgl. 154, 241.
- Allylchlorür, dgl. 154, 241.
- Allylcyanür, dgl. 154, 241.
- Allylin, Korbball und Flüssigkeit 151.
- Allyljodür, dgl. 154.
- Allylsulfocyanür, dgl. 154.
- Alstonit, Korbpat 302.
- Aluminium = Thon 105, Haltbarkeit
249, Verbindungen 124, Erkennungs-
zeichen 126.
- Aluminiumbromid. Korbball und
Flüssigkeit 138.
- Aluminiumchlorid, dgl. 138.
- Aluminiumjodid, dgl. 138.
- Ameinander Perchlor, dgl. 154.
- Ameisensäure Amylather, Korb-
ball 154.
- Ameisensäure Aethyläther, dgl.
154.
- Ameisensäure Methyläther, dgl.
154.
- Ammon = Ammonium 110, Verbin-
dungen, Erkennungszeichen 126.
- Ammoniak 137, 142, Korbball 154,
164, 240.
- Ammoniumcarbamat 140.
- Ampère über Punktweisen 221, 227.
- Amyl, Di-, Korbball und Flüssigkeit
154, 241.
- Amylalkohol, dgl. 154.
- Amylather, dgl. 154.
- Amylbenzol, dgl. 156.
- Amylbromür, dgl. 156, 241.
- Amylchlorür, dgl. 156, 241.
- Amylcyanür, dgl. 156, 241.
- Amylen, dgl. 156.
- Amylenalkohol, dgl. 156.
- Amylenverbindungen 141.
- Amylsulfhydrat, Korbball und Flus-
sigkeit 156.
- Amylsulfuret, dgl. 156.
- Amyltoluol, dgl. 156.
- Amylwasserstoff, dgl. 156.
- Analcin, Korbpat 312.
- Anatas, dgl. 300.
- Andalusit, dgl. 306, 325.
- Anhydrit, dgl. 304, 306, 324.
- Anilin, Korbball und Flüssigkeit 156.
- Anisaldehyd, dgl. 156.
- Anisol, dgl. 156.

- Anorthit, Korbpat 308.
 Antimon = Spies 103, 109, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Antimonchlorid, Korbball und Flüssigkeit 140.
 Antimonchlorür, dgl. 140.
 Antimonfilber, Korbpat 300, 328.
 Antimontriäthyl, Korbball und Flüssigkeit 137.
 Antimontrichlorid, dgl. 137.
 Antimonwasserstoff, dgl. 137.
 Anziehung, die einfache Kraft abnehmend umgekehrt wie Quader der Entfernung 37, der Erde 18, 33, 42, 52, der Körper 53, eines Parwefens 73, zweier Parwefen 74, der Körbe (Atome) 176—177, der Eströme 212.
 Apatit, Korbpat 310.
 Aragonit, dgl. 302.
 Arbeit, Erklärung 95, Ableitung 95, Gesetz der A. 96, Uebergang in Wärme 95, der Werke und Tiere 97, Berechnung 98.
 Arbeitseinheit 96.
 Arbeitsleben der Körper 52, 87.
 Arendt, Chemie 100.
 Argentandrat, Haltbarkeit 249.
 Aristotélès, Metaphysik 2, 8.
 Arithmetik 5.
 Arsen = Arsenik 103, 109, 133, Dichte 135, Korbpat 294.
 Arsenige Säure, Korbpat 300.
 Arsenkies, dgl. 300.
 Arsentrichlorid, Dichte 137.
 Arsentrijodid, dgl. 137.
 Arsenwasserstoff, dgl. 137.
 As = Arsen 103.
 Ass, Ableitung 179, Erklärung 179, Zahl im Korbe (Atome) 180.
 Aether = Ether.
 Äthyl 110, 138, Korbball und Flüssigkeit 154, Korbpat, Di- 240.
 Äthylamin, Korbball 154.
 Äthyläther, dgl. 154.
 Äthylbenzol, dgl. 154.
 Äthylbromid 241.
 Äthylbromür, Korbball 154, 241.
 Äthylechlorid, Korbball 154, 240.
 Äthylechlorür, dgl. 154, 164, 240.
 Äthylecyanür, dgl. 154, 241.
 Äthylen 142, 240.
 Äthylenalkohol, Korbball 154.
 Äthylenbromid, dgl. 154.
 Äthylenchlorid, dgl. 154, 240.
 Äthylenchlorofulfid, dgl. 154.
 Äthylenoxyd, dgl. 154, 241.
 Äthylenfulfhydrat, dgl. 154.
 Äthylentetrachlorid, dgl. 154, 241.
 Äthylentrichlorid, dgl. 154, 241.
 Äthyljodür, Korbball 154.
 Äthylschwefelsäure, dgl. 154.
 Äthylsenföhl, dgl. 154.
 Äthylfulfhydrat, Korbball 154.
 Äthylfulfocyanür, dgl. 154.
 Äthylfulfosäure, dgl. 154.
 Äthylfulfür, dgl. 154.
 Atmosphäre, Druck der 92.
 Atom = Korb 101, in einfache Wesen zerlegt 175.
 Atomisten Lehre 226.
 Au = Gold 104.
 Auflöslichkeit der Salze, Tafel 128.
 Augit, Korbpat 304, 323.
 Ausdehnungen des Raumes 11, der Zeit 13.
 Ausdehnungslehre 5.
 Auserhalbe 279.
 Auserkraft im Spate 262.
 Auserpunkt im Spate 264.
 Auserstütze im Spate 264.
 Ausschlieslichkeit des Raumes 20, 21.
 Ausstrahlung der Körper 63.
 Avogadro, Gesetz 131, 139.
 Axinit, Korbpat 308.
 B = Bor 103.
 Ba = Barium 105.
 Babinet, Gewicht des Ethers 75.
 Bahnspeichen, Gesetz 52, 53.
 Ballarbeitsgesetz 130.
 Ballgewicht 133, 155.
 Ballschnelligkeit 133, 155.
 Ballschwingungsgesetz 130.
 Ballstosgesetz 132.

- Ballzahlgesetz 131.
 Bar = Barium 105, 120, 134, 296,
 Verbindungen 124, Erkennungs-
 zeichen 126.
 Baryt, manganfäurer, Korbspat 306.
 Barytochaleit, dgl. 304.
 Baryt, salpeterfäurer, dgl. 302, 323.
 Bau der Korbecke 317.
 Be = Beryll 105.
 Becquerel über Elektrizität 77, Licht
 55.
 Beer, Optik 55.
 Begriff, einwertiger 3.
 Begriffslehre 5.
 Beharrungsgesetz 26, 28.
 Benylen, Korbball 156.
 Benzaldehyd, dgl. 156.
 Benzoefäureamyläther, dgl. 156.
 Benzoefäureäther, dgl. 156.
 Benzol, dgl. 156.
 Benzoylchlorid, dgl. 156.
 Benzylalkohol, dgl. 156.
 Benzylamin, dgl. 156.
 Benzylchlorid, dgl. 156.
 Bernstein, elektr. 77.
 Beryll 105, 119, 134, Korbspat 296,
 303, Verbindungen 124, Erkennungs-
 zeichen 126.
 Beschleunigung, gleichmässige 15.
 Bewegung 14, gleichmässige 14, be-
 schleunigte 15, Grösse 15, der Massen
 97, der Wesen 18, Zusammenfassung 16.
 Bewegungsgesetze 26—31.
 Bewegungslehre, reine 16.
 Beziehung der Wesen 84, in der
 Ferne 32, in gerader Linie 39—41.
 Bi = Bismut 104.
 Bilder 103, 106, Korbspate 294.
 Bildung der Gespate 262.
 Billet, Optik 55.
 Binarkies, Korbspat 300.
 Bindellehre 5.
 Binden der Elektrizität 85.
 Bindigkeit der Körbe 170.
 Bismut 104, 115, 133, Korbspat 296,
 Verbindungen 122, Erkennungs-
 zeichen 126.
 Bismutglanz, Korbspat 300.
 Bismuttrichlorid 137.
 Bitterfalz, Korbspat 310.
 Bitterspat, dgl. 302.
 Blau, Wellenlänge 60, 61.
 Blaufäure 136.
 Blei 26, 104, 115, 133, Haltbarkeit 219,
 Korbspat 296, Verbindungen 124,
 Erkennungszeichen 126.
 Bleichlorür, Korbspat 300.
 Bleiglanz, dgl. 298.
 Bleimethyl 137.
 Bleisalpeterfäures, Korbspat 302.
 Bleisulphatocarbonat, Korbspat
 306.
 Bleizucker, dgl. 312.
 Blende, Korbspat 298.
 Blütleben der Körper 52, 99.
 Blutlaugenfalz, gelbes 310, rotes
 304, 323.
 Bor 103, 111, 133, 294, Verbindungen
 122.
 Boracit, Korbspat 308.
 Boräthyl, Korbball 156.
 Borax, Korbspat 312.
 Borbromid, Korbball 156.
 Borchlorid, dgl. 156.
 Borfluorid, dgl. 156.
 Bortribromid 137.
 Bortrichlorid 137.
 Bortrifluorid 137.
 Bortrimethyl 137.
 Boscowich, Kräfte 47, Punktweisen
 227.
 Boulangerit, Korbspat 304, 324.
 Boyle, Gesetz 92, 130, 139.
 Br = Brom 103.
 Braun, Wellenlänge 60, 61.
 Brauneisen 306, 325.
 Braunmangan 306, 325.
 Brechung des Lichtes 59, 60.
 Briot, Lichtlehre 55.
 Brochantit, Korbspat 312.
 Brom 103, 107, 133, 156, Dichte 135,
 Korbball 240, Korbspat 294, Stämme
 122, 124, Verbindungen 122.
 Bromcyan 136.

- Brommethyl 136.
 Bromfaures Natron, Korbpat 302.
 Bromfilber, Korbpat 298.
 Bromwasserstoff 136.
 Brookit, Korbpat 300.
 Buntbleierz, Korbpat 310.
 Buntkupfererz, dgl. 302.
 Butterfäureamyläther, Korbball 156.
 Butterfäureäther, dgl. 156.
 Butterfäuremethyläther, dgl. 156.
 Butylalkohol, Jfo-, dgl. 156.
 Butyläther, dgl. 156.
 Butylbromür, dgl. 156.
 Butyleyanür, dgl. 156.
 Butyljodür, dgl. 156.
 Butyral, dgl. 156.
 Butyron, dgl. 156.
 C = Kohle 103.
 Ca = Kalk 105.
 Caprinylmethylür, Korbball 156.
 Capronsäure, dgl. 156.
 Cardol, dgl. 156.
 Carl, elektrische Naturkräfte 77.
 Carven, Korbball 156.
 Carvol, dgl. 156.
 Cäsium 105, 121, 134, 296, Verbindungen 124.
 Cauchy, Lichtlehre 64, über Punktwesen 221, 227.
 Cd = Kadmiun 104.
 Ce = Cer 105.
 Cer = Cerium 105, 117, 134, Korbpat 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Cetylchlorür, Korbball 156.
 Chabazit, Korbpat 314.
 Chalcolith, Korbpat 314.
 Chemie 99.
 Chemischer Strom 187.
 Chemische Vereinung 191, 192.
 Chinolin, Korbball 156.
 Chiolit, Korbpat 304.
 Chlor 103, 107, 117, 133, 156, 164, 294, Dichte 135, Korbball 142, 240, 241, Stämme 122, 124, Verbindungen 124.
 Chloreyan 136.
 Chlorjod 140.
 Chlormethyl 136.
 Chloroform 138.
 Chlorphosphor 141.
 Chlorfaures Kali 304, 323. Natron 302, 323.
 Chlorfilicium 138.
 Chlorstickstoff 156. 240.
 Chlortitan 138.
 Chlorwasserstoff 136, 142, 156, 164, 240.
 Chlorzinn 138.
 Chlorzirkon 138.
 Chrom 104, 112, 133, 294, Kiefe 104, 112, 129, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126.
 Chromaeichlorid 137.
 Chromfaurer Talk, Korbpat 310.
 Chromfaurer Zink, dgl. 310.
 Chrysoberyll, Korbpat 306.
 Cl = Chlor 103.
 Clauius, Gesetz 130. 143, Wärmelehre 88.
 CN = Cyan 158.
 Co = Kobalt 104.
 Cölestin, Korbpat 306.
 Columbit, Korbpat 304.
 Conductor der Elektr. 78.
 Coniin, Korbball 158.
 Coulomb, Drehwage 33.
 Cr = Chrom 104.
 Cs = Cäsium 105.
 Cu = Kupfer 104.
 Cumidin, Korbball 158.
 Cuminaldehyd, dgl. 158.
 Cyan, Di-, Korbball 158, 164, 240.
 Cyanit, Korbpat 306.
 Cyanfäure 137.
 Cyanwasserstofffäure, Korbball 158, 240.
 Cymol, Korbball 158.
 Dalton, Gesetz 89, 131.
 Dampfwerk, Arbeit des 97.
 Datolith, Korbpat 308.
 Dehnbarkeit der festen Körper 250, 251.

- Dehngrenze 250.
 Dehnlänge 250.
 Dehnmas 250.
 Dellinghausen, Vibrationstheorie 44.
 Demókritos, Atomenlehre 226.
 Denkwissenschaft, reine 5.
 Di = Didym 105.
 Diagonale des Parallelogramms der Kräfte 16.
 Dichloräthylchlorid, Korbball 154, 241.
 Dichroit, Korbpat 308.
 Dichte der Luftarten 26, 133, 134.
 Berechnung 135, der Verbindungen 136—138.
 Didym 105, 118, 134, 296, Verbindungen 124.
 Differentialrechnung 6.
 Dioptas, Korbpat 306.
 Dolomitspat, dgl. 302.
 Doppelbafen 303, 316, 321.
 Doppelgebilde 303, 316, 321, 326.
 Doppelfalze 308, 316, 321.
 Drehwage, Beschreibung 33.
 Dreieck der Korbpat 318, 322.
 Dreierfalze 302, 316, 321.
 Dreierstämme 300, 316, 321, 328.
 Drei- u. dreigliedriges System 273.
 Druck auf feste Körper 94.
 Druckraumgesetz 93.
 Druckwärme 93.
 Düfrenoyfit, Korbpat 306, 325.
 E = Ewefen, Ableitung 66, +E — E 66.
 Ebung des Lichtes 64.
 Edelerze 104, 128.
 Egesetz 76, 79, 80, 83.
 Eingspate 259, 270, 291.
 Ein- u. eingliedriges System 273.
 Einzähliges System 291.
 Eisen 26, 104, 117, 134, Dehnbarkeit 251, Haltbarkeit 248, Korbpat 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Eisenbahnzug, Schnelligkeit 15.
 Eisechlorid 138.
 Eifenglanz, Korbpat 300.
 Eifenkorb, Polströme 217.
 Eifenspeife. Korbpat 300.
 Eifenvitriol, dgl. 312.
 Ekette = elektrische Kette 186, Gesetz 186, einfache 188, nfache 189, Strom der Ek. 187.
 Eklektiker, Theorie der 7, 209.
 Ekraft = Elektrizität 83, Anziehung und Abstosung 84. Unterschied vom Licht 84.
 Elasticität 250, 251.
 Elasticitätsgrenze 250.
 Elasticitätsmodul 250.
 Eleaten, Lehre der 226.
 Elektrizität 76, Ableitung 77. Arten +E — E 79. Gesetz 79—80, Sammler (Conductor) 78, Verteilung 79, 86, Imponderabilität 82, Binden 86, Reibungs- 77, 78, 85.
 Elektrische Flasche 81. Pare 82. Goldschamfäden 78. Wefen 78. Maschine 78, Strom 83.
 Element 3.
 Entfernung = Ferne 37.
 Epar 66, 71, 72. Anziehung der Ewefen im Pare 67. Arbeit 68. Entfernung 67, 68, Schwung 68. Anziehung des Pares auf ein einfaches Wefen 69. auf ein Epar 70, 72, 73.
 Epar in Körben 180—182, Gesetz 181. Schwung 183. Abstosung 184.
 Epibromhydrin, Korbball 158.
 Epichlorhydrin, dgl. 158.
 Epidot, Korbpat 308.
 Er = Erb 105.
 Erb 105, 118, 134, 296, Verbindungen 124.
 Erde, Anziehung 18, 33, Halbmesser 33, Schnelligkeit 15.
 Erdluft-Korbball 142, Masse 148, Querschnitt 147, Schnelligkeit 144, Weglänge 147, Zusammenstöße 147.
 Erklärungen:
 Abhängige Größen 6, Aggregatzustände 91, Arbeit 95, Arbeitseinheit 96, Ass 179, Atom 101, Ausdehnungslehre 5. Ausschließlichkeit des Raumes 20.

Begriffslehre 5, Beschleunigung 15, Bewegung, gleichmässige 11.
 Chemische Vereinigung 192.
 Differenzialrechnung 6, Drehwage 33.
 E 66, Eckgestalt 246, Ekette 186, Elektrische Kette 186, Strom 187, Wefen 83, Elektrizität 77, Epar 66, Ether 51, Ewefen 66.
 Festkörper 94, Flüssigkeit 93, elektrolitische Fl. 187.
 Gasgrad 140, Gestein 95, Gewicht 19, Normalgew. 19, Gewichtswärme 90, Gleich 3, Gröse 3.
 Hüllpar 182.
 Intensität des Stoffstromes 188.
 Kette 187, Korb 102, einbindiger K. 170, zweibindiger 170, Korbball 130, Korbeck 247, Korbtropfen 149, Körper 51, Körperwefen 179, Kraft 82, Krystallgestalt 246.
 Leitungsdrat 187, Licht 55, 62, nichtlebares 63, Luft 92.
 Magnetismus 211, Massewefen 211, Mischlehre 99, Moleküle 101.
 Nichts 17.
 Plattenpar, erregendes 187, Polkraft 211.
 Raum 8, äusserer 9, leerer 17, Raumgewicht 25, Raumlehre 10, Raumwärme 90, Raumwefen 17.
 Schnelligkeit 15, Schwere 18, Schwerpunkt 25, Spat 95, Spatgestalt 246, Spatlehre 260, Stetige Gröse 6, Stift 3, Stoffstrom 187, Systematik 5.
 Urwefen 21, 23.
 Verbindung, chemische 192, Verkettung der Körbe 169, Vernunftwissenschaft 6.
 Wage 19, Wärme 87, 206, Wefen 15, einfaches W. 21, Wellkörper 92.
 Zahlenlehre 5, Zeit 12, äussere Z. 13, Zerfetzungszelle 187.
 Erstoffe 106.
 Erze 104, 129, 294, Edelerze 104, 113, Meischerze 104, 115, Polerze 104, 116, Rosterze 105, 117.
 Essigfäure 138, 140, Korbball 158.

Essigfäureäther, Korbball 158.
 Essigfaures Natron, Korbpat 312.
 Estrom, Entstehung 207, Schnelligkeit 15, 201, durch Wärme 208, Uebergang in Wärme 207, gerufenener (inducirter) 215, durch Polstäbe (Magnet) 214, 216, Anziehung der Eströme 212.
 Ether, Ableitung 55, Erklärung 51, 55, Beweglichkeit 57, Dehnmas 57, Dichte 57, unwägbar 57, Masse 59, 68, Wirkung 58.
 Ethergefetze 65, Ausdehnung 69.
 Etherstostheorien 43.
 Etherteilchen = Epar 71, Schnelligkeit 75, 76, Abstosung 64, 70, Zahl 64, 233.
 Eucalyptol, Korbball 158.
 Euchroit, Korbpat 312.
 Eudialyt, dgl. 306.
 Euklas, dgl. 308.
 Eukleidēs, Raumlehre 10.
 Enodulwasserstoff, Korbball 158.
 Eupion, Korbball 158.
 Ewefen = elektr. Wefen 83, 84, Ableitung 66, Erklärung 66, Anziehung und Abstosung 67, Beziehung 69, Gefetz 69, freie und gebundene 85, Masse 68, 75, Schnelligkeit 75, 76, Zahl im Ether 233, im Korb 228, 233.
 F = Fluss (Fluor) 103.
 Fäden, Haltbarkeit 249.
 Fallgefetz 52, Fallrate 53.
 Farben der Körper 61, 62, Spektrum 60, 61.
 Faujasit, Korbpat 312.
 Fe = Eisen 104.
 Fechner, Atomenlehre, Einwendungen 185, 202, multiple Kräfte 48, Punktwefen 227.
 Feinkörnige Gesteine 259, 291.
 Fergusonit, Korbpat 306.
 Ferne, Wirkung in F. 33, Abnahme der Kraft in F. 35–37, 46–49.
 Fernerung, Erklärung 41.
 Festigkeit der Gesteine 248.

- Festkörper 91, Erklärung 94, Gesteine und Gewächse 94.
 Flamme 205.
 Fluor = Fluss.
 Fluormethyl 137.
 Fluorilicium 138.
 Fluorwasserstoff 136.
 Fluss 103, 107, 294, Stämme 122, 124, 133.
 Flüssigkeit 91, 92, Erklärung 93, 150, 213, Druck in Tiefe 166, elektrische (elektrolytische) 187, Gestalt 165, Meer 165, Mengung 166, Tafel der Fl. 153—163, Uebergang in Festkörper 94, 149, 246, Zerfetzung 190, 192.
 Flussspat, Korbpat 298.
 Formen der strengen Wissenschaft 3, der Begriffe 4, des Seins 4.
 Formenlehre 3.
 Formwissenschaft, reine 5.
 Fourier, Wärmelchre 88.
 Frauenhofer'sche Linien 61.
 Friergrad der Stoffe 140, 153—163.
 Fritsch, Etherstostheorie 45.
 Fruchtleben der Körper 52, 234.
 Fügung der Größen 4.
 Fülleben 52, 234.
 Fundament der Wissenschaft 2.
 Fünffalze 306, 316, 321, 325.
 Fusgänger, Schnelligkeit 15.
 Ga = Gallium 104.
 Gadolinit, Korbpat 306, 325.
 Gall(ium) 104, 116, 134, Korbball 158, Korbpat 296.
 Galmei, Korbpat 302, 310.
 Galvanischer Strom 187.
 Ganzgestalten 264, der Gleichgespate 274.
 Gas, Erklärung 140, Schnelligkeit der Körbe 144.
 Gasausdehnungsgesetz 89.
 Gasballgesetz 131, 139.
 Gasdruckgesetz 92, 130, 139.
 Gasgrad, Erklärung 140.
 Gasraumgesetz 131, 139.
 Gaswärmegesetz 131.
 Gauss, über vierte Dimension 11.
 Gay-Lussac, Gefetz 131.
 Gaylüssit, Korbpat 312.
 Gegenkraft im Spate 263.
 Gehre der Raute der Kräfte 6.
 Gelb, Wellenlänge 60.
 Gelbbleierz, Korbpat 304.
 Geometrie 10, zeichnende 10, analytische 11.
 Gefetze:
 Abstosung 175, Anziehung 53, 84, des Körpers auf ein Epar 69, zweier Epore 70, der Eströme 212, Arbeit 96, Ausdehnung 5, 91.
 Bahnspeichen 53, Ballarbeit 130, Ballschwingung 130, Ballstos 132, Ballzahl 131, Begriffs- 5, Beharrungs- 28, Bewegungs- 26.
 Chemische Anziehung 198.
 Druckraum 93.
 E 76, Ekette 188, 189, Epar 66, 71, 85, Ewefen 69, 79, 80, 85, Ewefen im Korbe 197.
 Fall 52, Farbenspektrum 60, 61.
 Gasausdehnung 89, 131, Gasball 131, 139, Gasdruck 92, 130, Gasraum 131, 139, Gaswärme 131, Gespatsgattung 272, Gewichts- 20, Grundball 131.
 Korb 102, Korbball 143, Korbecke 168, Korbentfernung 103, Korbgewicht 131, Korbkräfte 102, Korblagerung 102, Körperteile 102, Kräfte 84, Kreisbahnen 53.
 Leitung 200, Licht 56, 57, Luft 92, 130.
 Massewefen 71, 179, 181, Meertiefen 166, Misch 100, Mischball 131, Mischgewicht 102, Mischraum 131, Mischteile 101, 102.
 Notwendigkeits- 50.
 Parwefen 71, Pole 211, 212, Polerzeugungs- 214.
 Raum 20, Leerer Raum 27, Raumgewicht 25, Rechtgesteine 265.
 Schmelz 91, Spatachen 264, Spatkräfte 264, Spatstützen 264, Spatung 261, 263, 317, Summen 30, Systematik 5.
 Trägheits- 50, Tropfendruck- 150,

- Tropfenraum- 152, 168, Tropfenroll- 151.
 Urwesen 23, 24.
 Verdunstungs- 91, Verkettung 173, Verwandtschaft 198.
 Wärmemitteilung 90, Wasserstoffs- 181, Wefens- 20, Wirkung in die Ferne 35, 37, 39, 41.
 Zahlen 5, Zerfetzungszelle 196, Zeug 30.
 Gespat 258, Bildung 262, der Gesteine 293 ff.
 Gespatgestalten der Gesteine 294.
 Gespatsklassen der Gesteine 294, der Korbspate 295.
 Gesteine 92, 95, Abteilungen 258, Bälle im mm. 294, Bildung der 245, Gespate der 293, Gespatsklasse 294, Haltbarkeit 248, 250, Härte 294, Klassen 259, Kräfte 294, Raumgewicht 294, Stützen 293, Tafel der Gesteine 293, 321.
 Gesteinslehre 292, Einteilung 292.
 Gewächse 92, 95, 329.
 Gewicht 19, 20, der Korbspate 294, spezifisches 25.
 Gewichtsgesetz 18, 20, 39.
 Gewichtsstücke 19, 25, 26.
 Gewichtswärme 90.
 Gilbert, W., Elektrizität 77.
 Glanz 109.
 Glas, Dehnbarkeit 251.
 Glaserz, Korbspat 298.
 Glaubersalz, Korbspat 312.
 Gleich, Erklärung 3.
 Gleichgespate 259, 267, 272.
 Gleichgesteine 258.
 Gleichstämme 298, 316, 321, 327.
 Glimmer, Korbspat 308, II. 308.
 Glycerin, Korbball 158.
 Glycerindifulfhydrat, dgl. 158.
 Glycerinfulfhydrat, dgl. 158.
 Glycerintrifulfhydrat, dgl. 158.
 Glyceryldinitrinchlorür, dgl. 158.
 Glycerylnitrinchlorid, dgl. 158.
 Glyceryloxybromid, dgl. 158.
 Glyceryloxychlorid, dgl. 158.
 Glyceryloxychlorür, Korbball 158.
 Glyceryloxyjodid, dgl. 158.
 Gold 104, 113, 26, 133, Dehnbarkeit 251, Haltbarkeit 249, Korbspat 294, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126.
 Gorup Befancz, Chemie 100.
 Grad 89.
 Gramm 20.
 Granat, Korbspat 308.
 Grassmann, Hermann, Arithmetik 5, Ausdehnungslehre 5, erste Idee über die Zusammenfetzung des Ethers 69.
 Grassmann, Justus, Krystalllehre 260, Klassen 273.
 Grassmann, Robert, Atomistik 69, 179, 185, Formenlehre 5, Raumlehre 11, Wissenschaftslehre 1.
 Grau, Farbe 61.
 Graumangan, Korbspat 300.
 Graupiegschglanz, dgl. 300.
 Greenockit, Korbspat 298.
 Griese 105, 118, 296.
 Grobkörnige Gesteine 291.
 Gröse 3, abhängige 6, einwertige 4, stetige 6.
 Grösengebiete 8.
 Größenlehre 4.
 Grubengas 138, 142, 240.
 Grün, Wellenlänge 60, 61.
 Grünspat, Korbspat 312.
 Grundballgesetz 131.
 Grundstein der Wissenschaft 2.
 Grundstoffe 100, Gewicht 133, Klasse 103, Korbbälle 149, Korbspate 294, 326, Name 106, Schnelligkeit 133, Tafel 103, Ueberficht 106, Zeichen 103.
 Gyps, Korbspat 312.
 H = Wasserstoff 103.
 Haidingerit, Korbspat 310.
 Halbgestalten 264, der Gleichgespate 279, des Leucits 280, des Octaeders 281, des Turmwürfels 282.
 Haltbarkeit der Gesteine 248.

- Haltkraft 248.
 Harnotom, Korbpat 314.
 Härte der Gesteine 294.
 Hauserit, Korbpat 298.
 Hauptthalbe 282.
 Hauptkräfte im Spate 262, 294.
 Hauptpunkte 264.
 Hauptstützen 264, 295.
 Hegel, Anfang der Wissenschaft 2, Begriff des Wefens 225.
 Hemiprismatisches System 273.
 Hexan, Korbball 158.
 Hexylalkohol, dgl. 158.
 Hexylamin, dgl. 158.
 Hg = Queck 104.
 Hölzer, Haltbarkeit 250.
 Holzgeist 138.
 Hornblei, Korbpat 308.
 Hornblende, dgl. 308.
 Hornerz, dgl. 298.
 Hörnefit, dgl. 312.
 Hornqueck, dgl. 298.
 Ichthyophthalen, Korbpat 310.
 In = Ind(ium) 104.
 Indig, Wellenlänge 60, 61.
 Ind(ium) 104, 116, 134, 296, Verbindungen 124.
 Ionische Schule, Begriff des Wefens 225.
 Ir = Irid(ium) 104, 114, 133, 296, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126.
 Iridosmium, Korbpat 298.
 Ilenkrahe, Räffel der Schwerkraft 45.
 Isometrisches System 273.
 J = Jod 103.
 Jod 103, 107, 133, 294, Dichte 135, Stämme 123, 125, Verbindungen 122.
 Jodmethyl 137.
 Jodqueck, Korbpat 300.
 Jodfilber, dgl. 298.
 Jodfilicium 138.
 Jodwasserstoff 136.
 Kad(mium) 104, 116, 133, Dichte 135, Korbpat 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Kadoxyd, Korbpat 298.
 Kakodylechlorid 137.
 Kakodyleyanit 138.
 Kali, chlorfaures 304, 323, schwefelfaures, Korbpat 306.
 Kal(ium) 105, 121, 134, 167, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Kalk 105, 120, 134, Auflöslichkeit 128, Gries 105, 119, Korbpat 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Kalkpat 302, weinfaurer 312.
 Kanonenerz, Haltbarkeit 249.
 Kant, Immanuel, Kritik der reinen Vernunft 9, Raum 9, 13, Zeit 13.
 Kapnomer, Korbball 158.
 Kette, elektrische 186.
 Kette der Körbe 169, einfache 170, verzweigte 171, kreuzende 172, Regeln der 173.
 Kilogramm, Normal 19.
 Kirchner, Metaphysik 14.
 Kiefer 103, 110, 294.
 Kiesel 103, 111, 133, Korbpat 294, Auflöslichkeit 129, Verbindungen 122.
 Kieselkiefe 103, 111.
 Kieselbromid, Korbball 158.
 Kieselchlorid, dgl. 158.
 Kieselhydrürtrichlorid, dgl. 158.
 Kieseläureäther, dgl. 158.
 Klassen der Gespat 259, 273.
 Kleist'sche Flasche 81.
 Klinorhombisches System 273.
 Klinorhomboidisches System 273.
 Knüpfung der Größen 4.
 Kobalt 104, 116, 134, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Kobaltblüte, Korbpat 312.
 Kobaltglanz, dgl. 300.
 Kobaltkies, dgl. 304.
 Kobaltpeife, dgl. 300.
 Kobaltvitriol, dgl. 312.
 Kohle 103, 110, 133, Wärme 167, Korbball 240, Korbpat 294.
 Kohlenoxychlorid 138.
 Kohlenoxyd 138, 142, 240, 167.

- Kohlenoxyfulfid 138.
 Kohlenfaure Salze 302, 322.
 Kohlenfäure Anhydrid 138.
 Kohlenfäureäther, Korbball 158.
 Kohlenfaurer Talk, Korbpat 302.
 Kohlenfesquichlorid 138.
 Kohlenstoffchlorid 138, 142, 158.
 Kohlenstoffsuperchlorid 158, 240.
 Kohlenfulfid 158, 240.
 Korb, Erklärung 102, Ableitung 102, Gefetze 102, Tafel der 103—105, Anziehung und Abstosung 175—178, Hülle 180, 182, Kern 179, Vereinigung 191, Wärme 167, Gestalt 174, Größe 175, Zerlegung in einfache Wefen 174, 228, 234, Zusammenfetzung 235.
 Korbball, Bahn 238, anziehende Masse 148, 177, Doppelkorb 139, 238, Durchmesser 142, 164, 166, Formel 240, Gefetze 148, Gewicht 138, 165, Gestalt 238, Größe 240, Lagerung 169, 242, 294, Mischung 239, Querschnitt 147, 148, Raumgewicht 166, Raumgröße 141, 153—163, Reibung 147, Schnelligkeit 143, 166, Tafel 103—105, 153—163, Stöße 166, Weglänge 146, 166, 153—163, Zahl in einem nm. 153—163.
 Korbeck 247, Gestalt 251, Bau 317.
 Korbpat, Analyse 318, Bildung 243, Gelpatsklasse 295, Gewicht 295, Hauptstütze 295, Rauminhalt 295, Zusammenfetzung 295.
 Korbpat, Haltbarkeit 252, Haltkraft 256, Schwerkraft 253.
 Korbpatropfen 149, Anziehung und Abstosung 177, Bahn 151, Bildung 243, Gefetze 151, Gestalt 151, 168, Lagerung 152, Tafel 153—163.
 Körner = Ungespate 258.
 Korngesteine 258, 259, 291.
 Körper, Ableitung 51, Erklärung 51, Eigenschaften 59, Farben 62, Gefetze 52, Wirkung auf ein Epar 69, Druck 88, Teile 101, Zustände 91, 92.
 Körperwefen = Ass 179, Zahl 180, 228.
 Korund, Korbpat 300.
 Kraft, Erklärung 32, Abnahme in Ferne 35—37, einfache, Beziehung 84, Gefetz 32, 38, 46, der Spatung 263, 264, 294.
 Kreisbahngesetz 54.
 Kreifende, Bewegung der Wefen 205.
 Kreofol, Korbball 158.
 Kreuzketten 172.
 Kronenspies 284, 287.
 Kryolit, Korbpat 304.
 Krystallbildung 263.
 Krystallgestalt 246, 258.
 Krystallonomie 258, Geschichte 260.
 Krystallsystem, regelmässiges 267, achtzähliges 283, fechszähliges 285, vierzähliges 289, zweizähliges 290, einzähliges 291.
 Kupfer 104, 115, 133, Dehnbarkeit 251, Haltbarkeit 249, Korbpat 296, Raumgewicht 26, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126, Verbrennungswärme 167.
 Kupferglas, Korbpat 300.
 Kupferglimmer, dgl. 310.
 Kupferkies, dgl. 298.
 Kupferlafur, dgl. 312.
 Kupfernickel, dgl. 298.
 Kupferfilberglanz, dgl. 300.
 Kupfervitriol, dgl. 312.
 L = Lithium 105.
 La = Lanthan 105.
 Lagrange, Mechanik 52.
 Lange, Geschichte des Materialismus 44.
 Lanthan 105, 117, 134, 296, Verbindungen 124.
 Laplace, Mechanik 52.
 Lafurstein, Korbpat 308.
 Laugengriese 105, 120, Auflöslichkeit 128.
 Leibniz, Monadenlehre 21, 226.
 Leinölsäure, Korbball 158.

- Leitungsdrat 187, Widerstand im 201, 210.
 Lesage, keine Wirkung in Ferne 44.
 Leucit, Spatgestalt 276, Gestein 308.
 Libethenit, Korbpat 310.
 Licht, Abnahme in Ferne 56, Aufnahme 59, Auslöschung 64, Brechung 59, Durchscheinen 59, 62, Ebnung 64, Frauenhofer'sche Linien 61, geradlinig 56, Polarisation 64, Schnelligkeit 35, 56, Spiegelung 59, unsichtbares 63, Uebergang in Wärme 62, 209, Unterschied von Elektrizität 84, Verschlucken 59, 62, Zerstreuung 59, Zurückwerfen 59, 62.
 Lichtleben 52, 55.
 Lichtlehre 55.
 Lichtwellen 56, 64.
 Linsenerz, Korbpat 314.
 Liter, Gröse 25.
 Lithium 105, 120, 134, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Lievrit, Korbpat 308.
 Logik 5.
 Luft 91, 92, 237, Ausdehnung 93, Bildung 236, Dichte 26, 153—164, Geseze 92, 130, Gewicht 93, Raum, leerer 23, Raumgewicht 26, 93, 165, Unterschied von Gas 140.
 Luftfäule, Druck einer 92.
 M = Magnesia, Talk 105.
 Magnet Eisen, Korbpat 304, 324.
 Magnetismus 210, 212, Entstehung 214.
 Magnetkies, Korbpat 300.
 Magnetrnadel 211.
 Magnetstab 211.
 Makentish über Punktweisen 227.
 Malachit, Korbpat 312.
 Mangan 104, 117, 134, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Manganblende, Korbpat 293.
 Manganfaurer Baryt, dgl. 306.
 Manganspat, Korbpat 302.
 Manganvitriol, dgl. 312.
 Mariotte, Gesez 92.
 Mas für Raum 10, Zeit 13.
 Massegefeze 49.
 Massewefen 49, imponderable 57, 71.
 Mathematik, niedere 4, höhere 6.
 Maxwell, Wärmelehre 88, 143.
 Mayer, J. R., Wärmelehre 88.
 Mechanik 52.
 Meer 165, Druck in Tiefe 166.
 Meile 10.
 Meischerze 104, 115, Auflöslichkeit 128.
 Melanochroit, Korbpat 304, 324.
 Mengung der Flüssigkeiten 166.
 Messing, Dehnbarkeit 251, Haltbarkeit 249.
 Meter, Normal 10, Einteilung 10.
 Methyl 110.
 Methylalkohol, Korbball 158.
 Methylamin 137.
 Methyläther 142, Korbball 158.
 Methyläthylketon, Korbball 158.
 Methylbromür 240, Korbball 158.
 Methylbutylketon, Korbball 158.
 Methylchlorür 142, 240.
 Methylenjodid, Korbball 158.
 Methylhexylcarbinol, Korbball 160.
 Methylhexylketon, Korbball 158.
 Methyljodür, dgl. 158.
 Methylnitrat 137.
 Methylpropylketon, Korbball 158.
 Methylpseudopylketon, dgl. 158.
 Methylfulfocyanür, dgl. 160.
 Methylfulfür, dgl. 160.
 Methylfulfuret, dgl. 160.
 Meyer, O. E., Theorie der Gase 143.
 Miargyrit, Korbpat 306, 325.
 Milchsäure 160.
 Miller, Krystalllehre 260.
 Mineralogie 292.
 Mischballgefez 131.
 Mischgefeze 100—102.
 Mischgewicht 100.
 Mischleben 52, 99.
 Mischlehre 99.
 Mischraumgefez 131.
 Mischteile 100.
 Mischung, Geseze 100, Verwandt-

- schaft 100, Wärme 206, Zerlegen 100.
- Mn = Mangan 104.
- Mo = Molybdän 104.
- Mohs, Krystallehre 260, 273.
- Maigno über Punktweisen 227.
- Mol(ybdän) 104, 112, 133, 294, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126.
- Moleküle 101, 130.
- Molkiefe 104, 112, 129.
- Molybdenit, Korbpat 300.
- Molybdänpentachlorid 138.
- Monaden 21.
- Multiplikation 4.
- N = Stickstoff 103.
- Na = Natrium 105.
- Nahrungsleben 52, 55.
- Naphthalintetrahydor, Korbball 160.
- Nater, Natrium 105, 121, 134, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126, Verbrennungswärme 167.
- Natrolith, Korbpat 314.
- Natron, bromfaures 302, chlorfaures 302, 323, essigfaures 312, salpeterfaures 302, schwefelfaures 306, selenfaures 306, unterschwefelfaures 310.
- Natronfalpeter 302, 323.
- Naumann, Krystallonomie 260, 273.
- Nb = Niob 104.
- Nelkenfäure, Korbball 160.
- Nephelin, Korbpat 308.
- Nervenerregung, Schnelligkeit 15.
- Neumann, Krystallonomie 260.
- Newton, Gesetze 31, 32.
- Ni = Nickel.
- Nichts, Erklärung 7.
- Nickel 104, 116, 134, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
- Nickelglanz, Korbpat 300.
- Nickelkies, dgl. 298.
- Nickelspeife, dgl. 300.
- Nickelspies, dgl. 298.
- Nickelvitriol, dgl. 310.
- Niob 104, 111, 133, 294, Verbindungen 122,
- Niobacichlorid 138.
- Niobchlorid 138.
- Nitrobenzol, Korbball 160.
- Nitroglycerin, dgl. 160.
- Nordpol 211.
- Notwendigkeitsgesetz 49, 50.
- Nu, Erklärung 34.
- O = Sauerstoff 103.
- Octaeder 278.
- Octylenalkohol, Korbball 160.
- Olein, Di-, Mono-, Korbball 160.
- Olivinit, Korbpat 310.
- Olinin, dgl. 302, 323.
- Oenanthylaldehyd, Korbball 160.
- Oenanthylalkohol, dgl. 160.
- Oenanthyleyanür, dgl. 160.
- Oenanthylfäureanhydrid, dgl. 160.
- Optik 55.
- Orange, Wellenlänge 60, 61.
- Orthit, Korbpat 308.
- Orthoklas, dgl. 308.
- Orthorhombisches System 273.
- Os = Osmium 104.
- Osm = Osmium 104, 114, 133, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
- Osmiumfäureanhydrid 138.
- Oxalfäureäther, Korbball 160.
- Oxylacetat, Korbball 160.
- P = Phosphor 103.
- Pallad(ium) 104, 114, 133, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
- Parallelepipedon 95, 258.
- Parmenides, Wesen 226.
- Parwesen 72, Gesetz 181.
- Pb = Blei 104.
- Pd = Palladium 104.
- Pelargylwasserstoff, Korbball 160.
- Pelouze et Fremy, Chemie 100.
- Periklas, Korbpat 298.
- Pentan, Korbball 160.
- Pentylfäure, dgl. 160.
- Pharmakolith, Korbpat 312.
- Phenakit, dgl. 306, 324.

Phenol, Korball 160.
 Phenolpropyläther, dgl. 160.
 Philosophie, gegenwärtig 7.
 Phlorol, Korball 160.
 Phosphor 103, 109, 133, Dichte 135,
 Korbspat 294, Verbindungen 122.
 Phosphorbromid 140.
 Phosphorbromür 140, Korball 160.
 Phosphorchlorür, dgl. 160.
 Phosphorkupfererz, Korbspat 312.
 Phosphoroxychlorid 138, Korball 160.
 Phosphorpentafluorid 138.
 Phosphorsäure, Korball 160.
 Phosphorsaure Yttererde, Korbspat 306, 324.
 Phosphorfulfochlorid 138, Korball 160.
 Phosphortrichlorid 137.
 Phosphorwasserstoff 137.
 Plagionit, Korbspat 306.
 Platin 104, 114, 133, Dehnbarkeit 251,
 Haltbarkeit 249, Korbspat 294, Raumgewicht 26, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126.
 Plattenpar, erregendes 187, 188.
 Poisson über Punktweisen 221, 227.
 Pol 211, Erzeugung 214, Gesetz 212, der Erde 216, Stärke 218.
 Polachse 265.
 Polarisation des Lichtes 64.
 Polerze 104, 116, Auflöslichkeit 129.
 Polkraft 211.
 Polnadel 211.
 Polstab 211, Lagerung der Körbe 217.
 Poren der Körper 23.
 Post, Schnelligkeit 15.
 Prehnit, Korbspat 308.
 Prismatisches System 273.
 Propargylalkohol, Korball 160.
 Propargyläther, dgl. 160.
 Propargylbromid, dgl. 160.
 Propion, dgl. 160.
 Propionaldehyd, dgl. 160.
 Propionsäure, dgl. 160.
 Propylalkohol 160, Ifo-, dgl. 160.
 Propylbromür 160, Ifo-, dgl. 160.

Propylchlorür 160, Ifo-, Korball 160.
 Propylen 138.
 Propylenalkohol, Korball 160.
 Propyljodür 160, Ifo-, dgl. 160.
 Propylsulfür, dgl. 160.
 Proust, Korbspat 302, 323.
 Pt = Platin 104.
 Punktweisen 220.
 Pyramidales System 273.
 Pyramidenoctaeder 276.
 Pyramidentetraeder 280.
 Pyramidenwürfel 277.
 Pyrargyrit, Korbspat 302, 323.
 Pyritoide 282.
 Quader 37.
 Quadergespate 258, 259, 267, 272.
 Quaderfäule 285.
 Quaderspies 284.
 Quarz, Korbspat 300.
 Queck 104, 113, 133, 160, 294, Dichte 135, Raumgewicht 26, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126, Wärmemas 89.
 Queckäthyl 137.
 Queckbromid 137.
 Queckbromür 137.
 Queckchlorid 137.
 Queckchlorür 137, Korbspat 300.
 Queckjodid 137.
 Queckmethyl 137.
 Querspiesglanz, Korbspat 301, 323.
 R = Rodium 104.
 Radicke, Optik 55.
 Radikal 174.
 Randachsen der Gespate 265.
 Randebene der Gespate 265.
 Raum, Erklärung 8, äusserer 9, Eigenschaft 27, Einfluss auf Kräfte 35, 36, Erfüllung 25, Gesetz 20, Gleichheit 11, leerer 17, 24, 27, 39, Mas 10, Veränderung 136—138, wirklicher 28.
 Raumgewicht 25, Gesetz 25, 26, der Luft 26, der Flüssigkeiten und Korbbälle 153—163, der Gesteine und Korbspate 293—315, 321.
 Raumlehre 10, rechnende 11, 27, zeichnende 10.

Raumwärme 90, 93.
 Raunwefen, Erklärung 17.
 Rauschgelb, Korbspat 300.
 Ranschrot, dgl. 298.
 Rautengespat 258, 259, 267, 290.
 Rb = Rubid 105.
 Rechtgesteine 258, Gefetz 265.
 Regenbogenbild 60.
 Reguläres System 273.
 Reibung der Achsenlager 97.
 Rhomboedrisches System 273.
 Ricinolfäure, Korbball 160.
 Riess, Reibungselektricität 77.
 Rod(ium) 104, 114, 133, 296, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126.
 Roscoe, Chemie 100.
 Rost 108.
 Rosterze 105, 117, Auflöslichkeit 128.
 Rot, Wellenlänge 60, 61.
 Rotbleierz, Korbspat 306.
 Rotblutlaugenfalz, dgl. 304.
 Rotkupfererz, dgl. 298.
 Rotspiesglanz, dgl. 304.
 Ru = Ruthen 104.
 Rubid(ium) 105, 121, 134, 296, Verbindungen 124.
 Ruthen(ium) 104, 114, 133, Korbspat 296, Verbindungen 124.
 Rutil, Korbspat 300.
 S = Schwefel 108.
 Saflor, Korbball 160.
 Saint-Venant 47, Punktwefen 223.
 Salicylige Säure, Korbball 160.
 Salmiak 141, Korbspat 298.
 Salpeter, Korbspat 302, 323.
 Salpeterfäure, Korbball 160.
 Salpeterfäureamyläther, dgl. 162.
 Salpeterfäureäther, Korbball 162.
 Salpeterfäuremethylläther, dgl. 162.
 Salpeterfaurer Baryt, Korbspat 302, 323.
 Salpeterfaures Blei, dgl. 302.
 Salpeterfaurer Strontian, dgl. 302.

Salpeterfaures Uranoxyd, Korbspat 310.
 Salpetrigfäureamyläther, Korbball 162.
 Salpetrigfäureäther, dgl. 162.
 Salpetrigfäuremethylläther, dgl. 162.
 Salze, Auflöslichkeit 128, Korbspate 302, 316, 321, Spatgestalt 318.
 Salzbilder 103, 106, Auflöslichkeit 128.
 Salzkupfererz, Korbspat 310.
 Sammler (Conductor) 78.
 Sassolin, Korbspat 304.
 Säure 108.
 Saurfalz 103.
 Saurstämme 123, 125.
 Saurstoff 103, 108, 133, 294, Dichte 135, Korbball 142, 240.
 Sb = Spies (Antimon) 103.
 Schall, Schnelligkeit 15, 56, 145.
 Scharfmangan, Korbspat 304.
 Scheel 104, 112, 133, 294, Verbindungen 122, = Wolfram.
 Scheelbleierz, Korbspat 304.
 Schelling über Wefen 225.
 Schichten der Gespat 285, 288, 290.
 Schiefgesteine 258.
 Schlussbetrachtung 329.
 Schmelzen 91.
 Schnelligkeit 15, Arbeitseinheit 96, Estrom 15, Ether 75, 76, Licht 15.
 Scholastiker, Wirkung in Ferne 42.
 Schramm, Bewegung der Materie 44.
 Schrauf, Krystallgestalten 261.
 Schritt, Gröse 10.
 Schwarz, Erklärung 61.
 Schwefel 103, 108, 133, 162, Dichte 135, Korbball 240, Korbspat 294, Stämme 123, 125, Verbindungen 122, Verbrennungswärme 167.
 Schwefelchlorid, Korbball 162, 240.
 Schwefelchlorür, dgl. 162, 240.
 Schwefelkies, Korbspat 298.
 Schwefelkohlenstoff 138.
 Schwefelfäure, reine, Korbball 162.
 Schwefelfäureanhydrid 137.

- Schwefelfäureäther, Korbball 162.
 Schwefelfäurebischydrit, dgl. 162.
 Schwefelfäuremethyläther, dgl. 162.
 Schwefelfaures Kali, Korbpat 306.
 Schwefelfaures Natron, dgl. 306.
 Schwefelfaures Silber, dgl. 306.
 Schwefelwasserstoff 137, 142.
 Schwefle, Erklärung 109.
 Schwefligsäureanhydrid 137, 142, 162, 164, 240.
 Schwefligsäureäther 162.
 Schwere, Erklärung 18.
 Schwerpunkt 25, der Erde 33.
 Schwerspat, Korbpat 306.
 Se = Selen 103.
 Secchi, Naturkräfte 45.
 Sechsgespate 259, 267, 268, 285.
 Sechsfäule 289.
 Sechszähliges System 285.
 Seguin über Punktwesen 227.
 Sein, nicht erster Begriff 2.
 Selen 103, 108, 133, 294, Dichte 135, Verbindungen 122.
 Selenblei, Korbpat 298.
 Selenigsäureanhydrid 137.
 Selenqueck, Korbpat 300.
 Selenfaures Natron, dgl. 306.
 Selenfaures Silber, dgl. 306.
 Selenfaurer Talk, dgl. 310.
 Selenfaures Zink, dgl. 310.
 Selenfilber, dgl. 300.
 Selenwasserstoff 137.
 Senarmontit, Korbpat 300, 328.
 Si = Kiesel 103.
 Siedegrad 140, 153–163.
 Silber 104, 113, 133, Dehnbarkeit 251, Haltbarkeit 249, Korbpat 294, Raumgewicht 26, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126, Verbrennungswärme 167.
 Silberkies, Korbpat 302.
 Silber, schwefelfaures, dgl. 306.
 Silber, selenfaures, dgl. 306.
 Silicium 138.
 Siliciumäthyl, Korbball 162.
 Siliciumtriäthylchlorid, dgl. 162.
 Siliciumtriäthoxyd, Korbball 162.
 Silicobenzoeäther, dgl. 162.
 Silicoessigsäure, dgl. 162.
 Silicoheptyläther, dgl. 162.
 Silicoheptylessigsäther, dgl. 162.
 Silicoheptylwasserstoff, dgl. 162.
 Silicopropionsäureäther, dgl. 162.
 Silicopropionsäuremethyläther, dgl. 162.
 Siestoffe 112.
 Skalenoeber 284.
 Skapolith, Korbpat 308.
 Skorodit, dgl. 310.
 Sn = Zinn 104.
 Soda, Korbpat 312.
 Sodalith, dgl. 308.
 Sohneke, Krystalstruktur 261.
 Sorbinsäure, Hydro, Korbball 162.
 Spat 95, 258, Achsen 261, Kräfte 261, 262.
 Spateisenstein, Korbpat 302.
 Spatgesteine 258.
 Spatgestalten 246, einfache 264, Anschauung 265, bedingt durch chemische Zusammensetzung 317, Gattungen 272.
 Spaltehre 258, Geschichte 260.
 Spatung, Gefetze 261, 263.
 Spectralanalyse 62.
 Spiller, Urkraft 44.
 Spinell, Korbpat 304.
 Spies = Antimon 103, 109, 133, Korbpat 295, Verbindungen 122.
 Sprödglasserz, Korbpat 306.
 Sr = Strontium 105.
 Stahl, Dehnbarkeit 251, Haltbarkeit 249.
 Stämme 108, 298, 316, 321, 327.
 Stammbilder 103, 108, Auflöslichkeit 128.
 Stammfalz 108.
 Stannäthyl 138.
 Stannäthylbromür 138.
 Stannäthylchlorür 138.

Stannäthyljodür 138.
 Stärke(Intensität) des Stoffstromes 188.
 Statik 25.
 Staurolith, Korbspat 308.
 Steinfalz, dgl. 298.
 Sterne, Entfernung 35, Licht 56.
 Stetige Gröse 6.
 Steward, Dugald, Punktwefen 227.
 Stickoxyd 137, 142.
 Stickoxydul 137, 142.
 Stickstoff 103, 109, 133, 294, Dichte 135, Korbball 240, Verbindungen 122.
 Stift, Erklärung 3.
 Stilbit, Korbspat 314.
 Stoffe 106, 112, 187.
 Strahlerz, Korbspat 312.
 Strom, E = elektrischer 187, Stoff, chemischer 187, Gesetz 188, 189, Mas 188, Stärke 188.
 Stront(ium) 105, 120, 134, 296, Korbball 142, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 123.
 Strontian, salpeterfäurer, Korbspat 302.
 Strontianit, Korbspat 302.
 Struvit, dgl. 310.
 Stufe, Erklärung 108.
 Stützen der Spate 264.
 Styrolen, Korbball 162.
 Südpol 211.
 Sulfurylchlorid 137.
 Summengesetz der Bewegung 26, 30, 41, 50.
 Systematik 5.
 Ta = Tantal 104.
 • Tafel:
 Auflöslichkeit der Salze 128.
 Ballgeschwindigkeit der Grundstoffe 133.
 Dehnbarkeit 251, Dichte der Luftarten der Grundstoffe 133—135.
 Flüssigkeiten 153—163.
 Gespatsflächen 275, Gespatsklassen 316, Gesteine oder Mineralien 293—315, Gleichespat 271, Gröse der Korbälle 142, 240, Grundstoffe 103.

Haltbarkeit und Halkraft der Stoffe 248.
 Korbhülle 153—163, Durchmesser, Gewicht 133, Gröse 142, 240, Lagerung 240, Korbspate 293—315.
 Luftform 153—163, Dichte 136.
 Mineralien 293—315, Ueberficht 316, Verbindungen, einfache 122, Erkennungszeichen 126, Dichte 136, flüssige 153—163, spatige 293—315, Raum 154, Verbrennungswärme der Körbe 167.
 Tag, Länge, Einteilung 14.
 Talk = Magnesia 105, 119, 134, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Talk, chromfäurer, Korbspat 310.
 Talk, kohlenfäurer, dgl. 302.
 Talk, felenfäurer, dgl. 310.
 Tankiefe 104, 111, Auflöslichkeit 129.
 Tantal 104, 111, 133, 294, Verbindungen 122.
 Tantalchlorid 138.
 Tantalit, Korbspat 304.
 Tapiolit, dgl. 302.
 Te = Tellur 103.
 Teilbarkeit, Grenze 22.
 Tell = Tellur 103, 103, 133, Korbspat 294, Verbindungen 122, Dichte 135.
 Tellurwasserstoff 137.
 Tereben, Korbball 162.
 Tessulares System 273.
 Tetartoprismatisches System 273.
 Tetraeder 281.
 Tetrachloräthylchlorid 154, 241.
 Tetragonales System 273.
 Tetramethyläthan, Korbball 162.
 Th = Thor 105.
 Thall(ium) 104, 115, 133, 296.
 Thermometer 89.
 Thermonitrit, Korbspat 310.
 Thomson, Wirkung in Ferne 44.
 Thon = Aluminium 105, 119, 134, 296, Auflöslichkeit 128, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Thongriese 105, 119.

- Thor 105, 118, 134, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Ti = Titan 104.
 Titan 104, 111, 133, Korbpat 294, Verbindungen 122.
 Titanit, Korbpat 306.
 Titanfuperehlorid, Korbball 162.
 Tl = Thallium 104.
 Tolen, Korbball 162.
 Topas, Korbpat 310.
 Trägheitsgesetz 49, 50.
 Traubenfäure, Korbpat 300.
 Triäthylphosphinoxid 138.
 Triäthylfilicol, Korbball 162.
 Trichloräthylchlorid 154, 241.
 Trona, Korbpat 312.
 Tropfendruckgesetz 150.
 Tropfenraumgesetz 168.
 Tropfenrollgesetz 151.
 Tungstein, Korbpat 304.
 Turmacher 276.
 Turmalin, Korbpat 308.
 Turmvier 280.
 Turmwürfel 277.
 U = Uran 104.
 Ueberchlorfäure, Korbball 162.
 Unendlichkeit, Begriff 51.
 Ungespate 258, 259, 271, 291.
 Ungleiche Größen 4.
 Ungleichgesteine 258.
 Unterchlorigfäureanhydrid 137.
 Unterschweifelfaures Natron 310.
 Uran 104, 115, 133, 296, Verbindungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Uranit, Korbpat 314.
 Uranoxyd, fälpeterfaures 310.
 Uranpacherz, Korbpat 304.
 Urkörper, Erklärung 100.
 Urwesen 21, Gesetz 21, 23, 24, Gewicht 22.
 V = Vanad 104.
 Valeraldehyd, Korbball 162.
 Valerianfäure, dgl. 162.
 Valerianfäureanhydrid, dgl. 162.
 Valerianfäureäther, dgl. 162.
 Valerianfäure, Methyläther, dgl. 162.
 Valerylchlorür, Korbball 162.
 Vanad 104, 112, 133, 294, Verbindungen 122, Erkennungszeichen 126.
 Vanadinacichlorid 138.
 Vanadinbleierz, Korbpat 310.
 Vanadintetrachlorid 138, 162.
 Vanadoxytrichlorid, Korbball 162.
 Vauquelin, Korbpat 304.
 Veil = Violet, Wellenlänge 60, 61.
 Veränderliche Größe 6.
 Veränderung, Unterschied von Bewegung 14, Raumveränderung 136 bis 138.
 Verbindungen der Stoffe 122—123, 153—163, 298—315.
 Verbrennungswärme 167.
 Verdet, Optik 55.
 Verdunsten 91.
 Vereinigung der Körbe 191, 192.
 Verkettung der Körbe 169, Regeln 173.
 Vernunftwissenschaft 6.
 Verwandtschaft 100, Kraft 191.
 Vesuvian, Korbpat 308.
 Vielfalze 306, 316, 321.
 Vielstämme 300, 316, 321.
 Violet, Wellenlänge 60, 61.
 Vierer 281.
 Viergespate 259, 260, 289.
 Viergliedriges System 273.
 Vierfalze 304, 316, 321, 324.
 Viertelsgestalt 264, 283.
 Vierzähliges System 289.
 Vitriolblei, Korbpat 306.
 Vivianit, dgl. 312.
 Vollgespate 274.
 W = Scheel 104.
 Wage, Beschreibung 19, Drehwage 33.
 Wärme 62, 87, Erklärung 97, Entstehung 204, 210, durch Estrom 206, 207, durch Licht 208, durch Mischung 204, durch Verbrennung 167, Ausdehnung 89, 91, Freiwerden 93, Frieren 94, Schmelzen 91, Verdunsten 91, 150, Leitung 89, Mengung 90, Mitteilung 90, Raumwärme 90, 91, Uebergang in Arbeit 95.

- Wärmeeinheit 98.
 Wärmegrade, Cent. 89.
 Wärmelichen 52, 87.
 Wärmelehre 88.
 Wärmemesser 89.
 Wärmestrahlen 63, 90.
 Wass = Wasserstock 103.
 Wasser 137, 162, Dampfraum 150,
 Korbball 142, 164, 240, Korbpat
 298, 300, Raungewicht 25, 26, Zer-
 fallen 141.
 Wasserdoppelbasen 312, 316, 321.
 Wasserfalze 310, 316, 321.
 Wasserstoff 103, 110, 131, 133,
 Dichte 135, 142, Gewicht 131, Korb-
 ball 149, 240, Schnelligkeit 144, Ver-
 bindungen 122, Verbrennungswärme
 167.
 Wasserstoffmethyl 137.
 Wasserstoffsuperoxyd, Korbball
 162.
 Wavelit, Korbpat 310.
 Webung der Grösen 4.
 Weinfäure, Korbpat 302.
 Weinsäure, Korbpat 302.
 Weinstein, dgl. 304, 323.
 Weis, Farbe 61.
 Weiss, Chr. Sam., Krystallonomie 260,
 273.
 Weisbleierz, Korbpat 302.
 Weisspitzglanz, dgl. 300.
 Wellen des Lichtes 56, Länge, Zahl
 60.
 Wellkörper, Erklärung 91, 92.
 Weltkörper, Gesetz 52.
 Weltleben, Aufgabe 1.
 Wertigkeit der Körbe 170.
 Wefen 16, Erklärung 17, Abnahme
 der Kraft 37, Anziehung 37, Aus-
 schliesslichkeit 20, Allgegenwart 34,
 43, Bewegung 18, Eigenschaften 18,
 Einfaches 21, Ewefen 220, Gesetz 16,
 Gewicht 20, 39—41, im Korbe 218
 bis 228, Körperwefen 218, Masse 71,
 Punktewefen 219, 220, Teilung 20,
 unwägbares (imponderables) 57, 71,
 zusammengefasstes 21.
 Wefensgesetz 16.
 Wind, Schnelligkeit 15.
 Wirkung in Ferne 33, 43, in gerader
 Linie 39—41, im Nu 34, 35, Abnahme
 mit Ferne 37, Gesetz 39.
 Wismut = Bismut.
 Wiessner, vom Punkt zum Geist 31.
 Witherit, Korbpat 302, 322.
 Wolfram = Scheel.
 Wolframhexachlorid 138.
 Wolframit, Korbpat 306, 325.
 Wolframoxychlorid 138.
 Wolframpentachlorid 138.
 Würfel 278.
 Würfelerz, Korbpat 310.
 Wurzel 174.
 Wurzelbilder 103, 109, Auflöslich-
 keit 129.
 Y = Ytter 105.
 Ytter 105, 118, 134, 296, Auflöslich-
 keit 128, Verbindungen 12', Erken-
 nungszeichen 126.
 Yttererde, phosphorsaure, Korb-
 pat 306, 324.
 Yttergrise 105, 118.
 Z = Zirkon 105.
 Zahl der Ewefen im Ether 233, im
 Korbe 233, der Wefen 51.
 Zahlenlehre 5.
 Zeit 12, äussere 13.
 Zeitpunkt = Nu 34.
 Zelle 95, Gröse 23, Poren 24.
 Zellbilder 103, 110, Auflöslichkeit
 129.
 Zerlegung der Atome in einfache
 Wefen 218, 234.
 Zerreißen der Festkörper 94.
 Zerfetzungszelle 187, 190, 192.
 Zeuggesetz der Bewegung 26, 29,
 30.
 Zink 105, 117, 134, Dehnbarkeit 251,
 Haltbarkeit 249, Korbpat 296, Ver-
 bindungen. 24, Erkennungszeichen
 126, Verbrennungswärme 167.
 Zink, chromsaure, Korbpat 310.
 Zink, selenfaures, ae , 310.
 Zinkäthyl 137.

- Zinkenit, Korbpat 306, 325.
 Zinkmethyl 137.
 Zinkoxyd, Korbpat 298.
 Zinkvitriol, dgl. 310.
 Zinn 104, 115, 133, Korbpat 296,
 Verbindungen 122, Erkennungszei-
 chen 126.
 Zinnchlorid, Korbpat 162.
 Zinnober 298.
 Zinnstein 300.
 Zirkon 105, 119, 134, 296, Verbin-
 dungen 124, Erkennungszeichen 126.
 Zirkon (Gestein) 304, 324.
 Zug am Festkörper 94.
 Zusammengefüzte Gestalten 262,
 283.
 Zusammengefüzte Wefen 21, 23.
- Zusammenfüzung der Körbe 234,
 der Korbpat 295, der Kräfte 262.
 Zweierstämme 298, 316, 321, 328.
 Zweigespat 259, 269, 290.
 Zwei- und eingliedriges System
 273.
 Zwei- und zweigliedriges System
 273.
 Zweizähliges System 290.
 Zwischenhalbe 281.
 Zwischenkräfte 262.
 Zwischenpunkte 264.
 Zwischenräume 24.
 Zwischenstützen 264.
 Zwölfromb 278.
 Zwölffäule 289.



www.books2ebooks.eu